د. خلف حسين الدليمي

الجيومورفولوجيا التطبيقيّة

علم شكل الأرض التطبيقي





ألم تَر أن الله أنزل من السماءِ ماءً فأخرجنا به
ثمراتٍ مختلفاً الوانُها ومن الجبالِ جُددٌ بيضٌ
وحُمرٌ مختلفٌ ألوانُها وغرابيبُ سودٌ ※ ومن
الناس والدوابِ والأنعَمِ مختلفٌ ألوانهُ كذلك انما
يخشى الله من عباده العلمؤٌ إن الله عزيزٌ غفورٌ ※

(صدق الله العظيم)

الآية (١٥) سورة لقمان


مكتبة نرجس PDF
www.narjes-library.blogspot.com

الاهـداء

الى أرواح الذين سبقونا في الحق ... ترحماً

والديَّ .... واخوتي ... علي وعبيد

الى من تحملوا جزءاً من أعباء التأليف ... زوجتي وأولادي وبناتي

الى من حمل قلمه ليخط به ما يرضي الله وينفع الناس

المحتويـــات

الأشكال

الخـرائط

المقــدمة

الجيومورفولوجيا التطبيقية من العلوم الحديثة التي دخلت الحياة العملية والتي تتناول العلاقة بين شكل وتكوينات مظاهر السطح والنشاط البشري المتنوع، حيث دخلت تلك المادة كمقرر يدرس في قسمي الجغرافيا والجيولوجيا ، رغم اهميتها في مجالات اخرى كالتخطيط الحضري والاقليمي والتنمية والزراعة والهندسة ، الا انها لا تزال محدودة التداول لقلة المؤلفات في هذه المادة ، ولذلك يتحمل من يقوم بتدريسها توفير مفرداتها حسب قدرته العملية وادراكه لما يجب ان تتضمنه تلك المادة ، وبالاعتماد على المصادر المحدودة التي كتبها عدد من الاساتذة الأفاضل والتي كان لها الأثر الكبير في التفكير بتأليف هذا الكتاب الذي تضمن معظم المفردات المهمة التي يحتاجها طلبة المرحلة الجامعية في الأقسام التي تدرس فيها تلك المادة .

فقد تضمن معلومات أساسية وجوهرية ينفرد ويتميز بها هذا الاختصاص عن غيره من العلوم والاختصاصات التي يرتبط بها ، حيث تم التركيز على الجوانب الوصفية والمورفومترية لمظاهر السطح وتكويناتها ونوع الانحدارات ومشاكلها والتعرية والتطبيقات الهيدرومورفومترية ، وأهمية المعلومات الجيومورفولوجية في تخطيط المشاريع الهندسية ومشاريع الري والخزن والبحث عن الموارد الطبيعية والمجال العسكري .

وقد يكون هذا الكتاب الطبعة الأولى بإذن الله لكي تتضمن الطبعة اللاحقة ما يبديه أساتذتي وزملائي من ملاحظات تزيد من رصانته العلمية ليكون مرجعاً للدراسات الجامعية الأولية والعليا .

وفي الختام لا يسعني الا ان اتقدم بالشكر والتقدير لكل من أسهم في المساعدة وتقديم العون لانجاز هذا الكتاب .

ونسأل الله سبحانه وتعالى لنا ولهم التوفيق والسداد لخدمة البشرية جمعاء ومن الله العون والتوفيق .

المؤلف

د . خلف حسين علي الدليمي

ايلول / ٢٠٠٠

الفصل الأول

الجيومورفولوجيا والتحري الموقعي

Geomorphology and Site Investigation

أولاً - تطور علم الجيومورفولوجيا :

١ - الجيومورفولوجيا العام او الوصفي :

ان الارتباط الوثيق بين العلوم المختلفة كان له الأثر الكبير في نقل التطور العلمي والتكنولوجي الى كافة حقول المعرفة التي تصب جميعاً في خدمة الانسان . والجيومورفولوجيا من بين تلك العلوم التي حظيت بنصيب كبير من التطور خاصة في منتصف القرن العشرين .

فالجيومورفولوجيا كلمة اغريقية ترجمت الى العربية بنفس الاسم وهي تتكون من ثلاثة مقاطع Geo / morpho / Logy وتعني علم شكل الارض ويقابلها بالانكليزية Land form ويتناول هذا الاختصاص دراسة الاشكال الارضية المختلفة التي يتضمنها سطح الارض من جوانب عدة هي : -

١ - الشكل الخارجي لسطح الارض ، او المظاهر التضاريسية في اي منطقة .

٢ - البيئة التي تكونت فيها المظاهر ، قارية كانت ام مائية وكيفية تكوينها .

٣ - القوى الخارجية والباطنية التي اسهمت في تكوين مظاهر السطح .

٤ - التكوينات السطحية وتحت السطحية التي تتكون منها الاشكال الارضية .

٥ - التطور التاريخي والتغيرات التي شهدتها مظاهر السطح بمرور الزمن .

٦ - البنية والتركيب الجيولوجي للطبقات الصخرية التي تتكون منها القشرة الارضية ودورها في تكوين الاشكال الارضية .

وتعني القشرة الارضية Earth Crust الطبقة الممتدة من سطح الارض الى عمق متوسط يتراوح ما بين ٣٠ - ٤٠ كم ، وهو غير منتظم اذ يزداد عند المناطق الجبلية العالية وربما يصل الى ٦٠ كم ويقل عند قاع المحيطات فيصل الى ٥ كم .

وتتكون القشرة الارضية من جزئين :

أ - الجزء العلوي :

ويشمل المنطقة التي تمتد من سطح الارض الى عمق ما بين ١٠ - ١٥ كم .

وتسود في هذا الجزء صخور رسوبية عى الاغلب ، تمتد فوق صخور نارية جرانيتية تسمى السيال (Sial) اي تتكون من السليكا والالمنيوم وهي صخور حامضية فاتحة اللون

خفيفة الوزن وتنتشر على نطاق واسع في المناطق القارية وتقل عند قاع المحيطات .

ب - الجزء الأسفل

ويشمل المنطقة المتبقية من القشرة حتى الوشاح الصخري ، ويتراوح سمك هذا الجزء ما بين ٢٠ - ٢٥ كم ، ويتكون من صخور نارية بازلتية تسمى السيما (Sima) تتكون من السليكا والمغنيسيوم وتكون ذات لون غامق وثقيلة الوزن [١].

ان مظاهر سطح الارض على اختلاف انواعها ناتجة عن تفاعل الغلاف الصخري (Lithosphere) او القشرة الارضية (Earth Crust) مع الغلاف الجويAtmosphere والغلاف المائي (Hydrosphere) والغلاف الحيوي Biosphere وان هذه المظاهر في تطور مستمر بسبب استمرار عمل القوى التي اسهمت في تكوينها ، وعليه الجيومورفولوجيا حلقة وصل بين الجيولوجيا والجغرافية الطبيعية ، اذ يتناول الاختصاصان دراسة القشرة الارضية ظاهرياً وباطنياً .

وبمرور الزمن اتسعت دائرة البحث الجيومورفولوجي وتنوعت موضوعاته ازداد عدد المهتمين به مثل ديفز وبينك وهاتون وسترايلر وكوربل وكوك وغيرهم من الذين برزت على ايديهم دراسات متنوعة كان لها الأثر الكبير في تطور هذا العلم كالدراسات المورفو تكتونية والمورو مناخية والمورفومترية (القياسية) وذلك باستخدام الالات والمعدات والاساليب الرياضية والاحصائية والحاسوب في تحليل وقياس الاشكال الارضية .

وقد اسهم هذا التطور في توثيق العلاقة مع العلوم الاخرى كالتربة والهيدرولوجيا والمناخ والاثار والعلوم البايلوجية والجوديسيا وغيرها من العلوم الساندة ذات العلاقة . ولذلك يجب على المتخصص في هذا المجال ان يتمتع بخلفية جيدة في تلك المجالات .

ومن الجدير بالذكر ان دراسة علم شكل الارض تقتصر على قسمي الجغرافيا والجيولوجيا رغم اهميته في المجالات والانشطة المختلفة التي تتناولها اختصاصات اخرى

٢ - الجيومورفولوجيا التطبيقية Applied Geomorphology

ان تطور اساليب البحث الجيومورفي واتساع دائرة علاقاته بالعديد من الاختصاصات المتنوعة اخرجه من مرحلة وصف مظاهر سطح الارض الى مرحلة التطبيق، اي توظيف المعلومات الجيومورفيه في خدمة الانسان ونشاطاته المختلفة .

والتطبيقي يعني دراسة الخصائص العامة لمظاهر سطح الارض من حيث الشكل والتكوين وصفياً ومورفو مترياً (قياسياً) والعمليات التي تؤثر في تلك المظاهر (تعرية، تجوية، انهيارات، انزلاقات، هبوط) وعلاقة ذلك بالنشاط البشري من حيث الامكانات والمعونات والمشاكل التي تواجه استغلال تلك المظاهر والحلول المناسبة لتجاوزها.

ولذلك يتناول التطبيقي موضوعات تصب في هذا الاتجاه وهي :

١ - التحري موقعياً لتوفير المعلومات المتنوعة عن منطقة الدراسة وعدم الاعتماد على ما هو متوفر منها من مصادر اخرى ويجب التاكد من صحتها من خلال المسح الميداني، وذلك لتباين اهداف الجهات التي تقوم بدراسة منطقة ما والتي تكون في اطار الغرض من الدراسة، ولذلك تكون وافية في جوانب وقاصرة في جوانب اخرى، وتستخدم في التحري الموقعي اجهزة قياس واساليب متنوعة.

٢ - التكوينات السطحية وتحت السطحية، اي التربة والصخور التي تتضمنها منطقة الدراسة، ففي بعض المناطق تكون الطبقات الصخرية ظاهرة على سطح الارض دون ان تغطيها تربة، في حين توجد في مناطق اخرى طبقة من الصخور تعلوها طبقة من التربة يتباين سمكها من مكان لآخر. كما يتم تناول انتشار تلك التكوينات افقياً ورأسياً، فضلاً عن تحديد هناصر الضعف والقوة في تلك التكوينات واثرها على النشاط البشري.

٣ - الانحدارات في منطقة الدراسة، اذ يتم دراستها وصفياً ومورفو مترياً لمعرفة المواضع المستقرة وغير المستقرة والمشاكل التي تتعرض لها بعض السفوح وأثر ذلك على المنشآت والمشاريع المرتبطة بها، والحلول المناسبة لتجاوز بعض تلك المشاكل.

٤ - التعرية، اسبابها، مشاكلها، اذ تتعرض التربة للتعرية المائية والهوائية والجليدية التي تترتب عليها مشاكل متنوعة تنعكس آثارها على النشاط البشري بأشكاله المختلفة التي تتطلب اتخاذ بعض التدابير للحد من مشاكلها.

٥ - التطبيقات الهيدرومورفومترية في دراسة الانهار، اي استخدام الاساليب القياسيةالجيومورفولوجية والهيدرولوجية في دراسة احواض وأودية وقنوات الانهار وعلاقة ذلك بالأنشطة المختلفة.

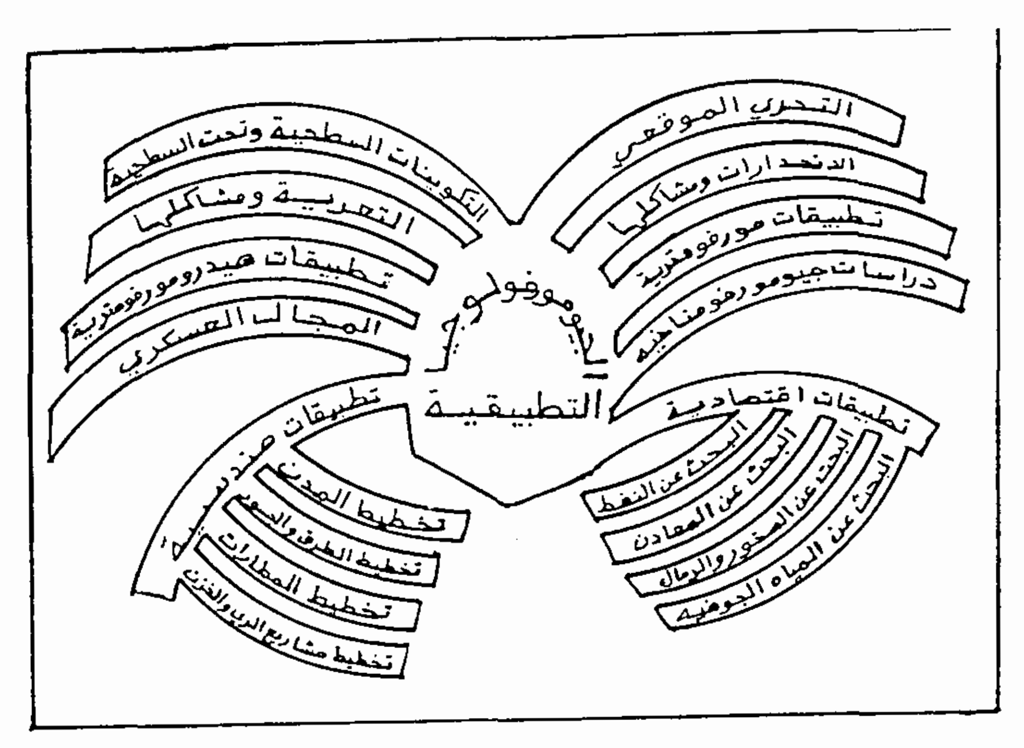
٦ - أهمية المعلومات الجيومورفولوجية في اختيار المواقع والمواضع الملائمة للعمران

والطرق والجسور والسدود والخزانات والمطارات.

٧ - البحث عن الموارد الطبيعية كالمعادن والنفط والصخور والرمال والمياه الباطنية.

٨ - دور الجيومورفولوجيا في التخطيط والتنمية وتخطيط العمليات العسكرية (شكل رقم ١) الموضوعات التي يتناولها الجيومورفولوجيا التطبيقية.

ومن الجدير بالذكر ان الاستفادة من المعلومات الجيومورفولوجية في الحياة العملية جاء متأخراً وذلك في اواخر الستينات وبداية السبعينات في الدول المتقدمة علمياً في اروبا وخاصة في بريطانيا وبولونيا وفرنسا وامريكا، ورغم ذلك شهد هذا الاختصاص تطوراً كبيراً وذلك لأهميته ف مجالات متنوعة ذات علاقة مباشرة بحياة الانسان وممارساته اليومية، والدليل على ذلك البحوث التي كُتبت في هذا المجال مثل الجيومورفولوجيا الهندسية الذي يتناول تقييم العمليات التي اسهمت في تكون الاشكال الارضية وطبيعة سلوك وخصائص المواد الصخرية والترابية لتلك الاشكال، والمشاكل التي تتعرض لها



شكل رقم (١) الموضوعات التي يتناولها الجيومورفولوجيا التطبيقية

والتي على ضوئها يتم تحديد المواضع المستقرة الملائمة لاقامة المشاريع المختلفة كالعمران والطرق وغيرها، وغير المستقرة التي تتعرض لمخاطر الانهيار والانزلاق والهبوط والتعرية [٢].

ومن البحوث التطبيقية في هذا المجال الجيومورفولوجيا الحضرية الذي يتناول دراسة طبيعة الاشكال الارضية المختلفة من جبال وهضاب وسهول ووديان ومدى ملائمتها للعمران، وكيفية توزيع استعمالات الارض الحضرية على الموضع الملائم لنمو المدينة بما يتلائم وطبيعة تضاريس الموضع من ارتفاع وانخفاض وانحدار وطبيعة التكوينات والمياه الجوفية، هذا فضلاً عن الكثير من البحوث والمقالات المختلفة التي ظهرت في العديد من الدول المتقدمة في هذا المجال.

اما في الدول النامية فقد عُرف هذا الاختصاص في الآونة الأخيرة كمادة تدرس في قسم الجغرافية، ولا تزال بعض الدول لا تعرف عنه شيئاً، كما تعاني تلك الدول من قلة المتخصصين به وقلة البحوث والمؤلفات في هذا المجال، ولذلك بقي المفهوم الحقيقي لهذا التخصص غامضاً حتى في الاختصاصات المرتبط بها كالجغرافيا والجيولوجيا وساد التباس وخلط بين مفهوم التطبيقي والميداني، ومما زاد في هذا الغموض تدريس المادة من قبل غير المختصين بها او من اختصاصات اخرى غير الجغرافيا والجيولوجيا، ولذلك أقروا موضوعات لا علاقة لها بالتطبيقية لا من قريب ولا من بعيد، وهذا ما أساء الى مفهوم هذا الاختصاص وأعطى تصوراً ومعنى ومضموناً غير حقيقي للمتعلم، وكل ذلك اسهم في طمس الهوية الحقيقية لهذا العلم الحيوي وظل متوارياً عن الانظار في الدول النامية.

ثانياً - التحري الموقعي في الجيومورفولوجيا:

تعتمد الدراسات الجيومورفولوجية على التحري الموقعي في تقصي الحقائق عن منطقة الدراسة بشكل مباشر على ارض الواقع، وذلك لتأكيد صحة ما توفر من معلومات واكمال غير المتوفر منها.

والعمل الميداني يكون وفق الخطوات الاتية :

١ – تحديد منطقة الدراسة .

٢ – مصادر المعلومات .

٣ – الجوانب التي تتطلبها الدراسة الميدانية .

١ – تحديد منطقة الدراسة

وتمثل الخطوة الاولى في هذا المجال ويتم ذلك على خريطة طبوغرافية تتضمن تلك المنطقة والتي من خلالها يجب مراعاة الامور الاتية :

أ – طبيعة تضاريس المنطقة لغرض تحديد ما يجب ان يقوم به الباحث من قياسات وعمليات مختبرية والادوات اللازمة لذلك.

ب – الطرق المؤدية الى المنطقة وافضل وسيلة يمكن استغلالها للوصول اليها .

جـ – وضع سقف زمني للفترة التي تستغرقها الدراسة الميدانية بصورة عامة وفق حد اعلى وأدنى.

د – توفير معلومات أولية عن منطقة الدراسة لتعيين طبيعة الدراسة الميدانية وهل يتطلب ذلك اقامة طويلة أم قصيرة في الموقع، وهل تحتاج طبيعة المعلومات الى فريق عمل وما عدد الافراد الذين يتكون منهم الفريق ومستواهم العلمي.

هـ – توفير خريطة اساسية للمنطقة لتثبيت المعلومات التي يتم التحري عنها موقعياً وتمثيل الظواهر التضاريسية عليها .

٢ – مصادر المعلومات :

ان توفير المعلومات عن اية موقع يكون من مصادر عدة منها ما يأتي :

أ – مصادر مكتبية وتشمل البحوث والتقارير والمؤلفات التي أعدتها جهات مختلفة والدرائر الرسمية ذات العلاقة. وقد يكون بعضها ذات طابع تفصيلي لجوانب معينة وعدم التوسع في جوانب اخرى وهذا يعتمد على الغرض من الدراسة والجهة التي قامت بها . ولذلك يفضل ان يتحقق الباحث العلمي من صحة المعلومات موقعياً لانه يمتلك وجهات نظر وبُعد تحليلي وتفسيري لا يمتلكه غير المتخصص بذلك.

ب – الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) او التحسس النائي : ويعني توفير معلومات متنوعة عن سطح الارض دون الاتصال به بشكل مباشر بواسطة اجهزة الالتقاط من خلال استخدام خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة والمنبعثة من المكونات

الارضية، او من الجو او المسطحات المائية، التي تعطي صورة واضحة عن طبيعة سطح الارض. ومن وسائل الاستشعار عن بعد ما يأتي : -

١ - الصور الجوية Aerial Photogrammety

وهي صور تلتقطها الطائرات بواسطة اجهزة تصوير خاصة وتكون على ارتفاعات منخفضة وبأوضاع مختلفة رأسية او مائلة حسب الغرض من الصورة، وفي كل الاحوال توضح تلك الصور طبيعة سطح الارض وما يتضمنه من مظاهر على نطاق واسع بحيث توفر للباحث معلومات متنوعة عن منطقة البحث فتسهل عليه عملية التحري الموقعي وتختصر الوقت والجهد الذي يتطلبه الباحث في سبيل توفير مثل تلك المعلومات.

٢ - الصور الفضائية

وهي صور تلتقطها الاقمار الصناعية من ارتفاعات عالية جداً مثل القمر الصناعي الفرنسي سبوت Spot الذي تغطي صورته ٦٠ X ٦٠كم في التصوير الرأسي و ٦٠X٨٠كم في التصوير المائل. وقد تكون المعلومات على شكل بيانات رقمية مسجلة على اسطوانات مغناطيسية او على هيئة افلام وصور.

وكذلك الاقمار الصناعية الامريكية لاندسات (Land sat) وهي جيلين الاول يوفر معلومات تغطي مساحة ١٨٥ X ١٨٧كم، والثاني ١٨٠ X ١٨٠كم.

وتحمل تلك الاقمار اربعة انواع من اجهزة التقاط المعلومات من سطح الارض هي :

أ - اجهزة التقاط الصور .

ب - اجهزة راديومتر متعدد الموجات .

جـ - راديومتر حرارية ذو طول موجي واحد او اكثر .

د - رادار[٣].

المعلومات التي توفرها اجهزة الاستشعار عن بعد

تغطي معلومات الصور الجوية والفضائية مساحة واسعة من الارض متنوعة وبأشكال مختلفة يصعب على الباحث توفيرها، ولذلك كان لها الاسهام الفاعل في تطور البحث الجغرافي عامة والجيومورفولوجي خاصة لتوفير معلومات في المجالا الآتية :

١ – معلومات عن التكوينات السطحية وتحت السطحية، اي التربة والصخور.

٢ – شكل سطح الارض وما يتضمنه من مرتفعات ومنخفضات، الذي يترجم الى خرائط طوبوغرافية.

٣ – تحليل الارض حسب الغرض من الدراسة، للتنمية او العمران او الاغراض العسكرية.

٤ – طبيعة النشاط البشري القائم على سطح الارض، ونوع الاستعمالات حسب الاستيطان ويكون كالآتي :

أ – الاستيطان الحضري، ويشمل :

١ – انماط النمو الحضري.

٢ – استعمالات الارض الحضرية.

٣ – مورفولوجية المدينة.

٤ – المرور والمواصلات.

ب – الاستيطان الريفي، ويشمل

١ – شكل الاستيطان.

٢ – الانماط الزراعية.

٣ – التغيرات في استعمالات الارض الريفية.

٥ – مسوحات ديمغرافية عن التركزات السكانية وتبعثرها.

٦ – العمليات الجيومورفية المختلفة من تعرية وارساب وانهيار وهبوط.

٧ – النظام الهيدرولوجي [٤].

والجدير بالذكر ان المعلومات التي توفرها وسائل الاستشعار عن بعد في الوقت الحاضر على درجة عالية من الدقة لتطور اجهزة الالتقاط والتفسير، وتكون على نوعين مورفومترية (قياسية) وتفسيرية.

فالاولى تتناول المعلومات الخاصة بالموقع الدقيق للظواهر الطبيعية والتي يمكن استنباطها من الخرائط الطوبوغرافية المنتجة من الصور الجوية والفضائية، اما التفسيرية

فهي ذات طبيعة موضوعية ومبنية على التفسير الشخصي للخيالات التي توفرها الصور، ويمكن استخدام الحاسوب في تحليل الخيالات التي تعطي معلومات وفيرة عن منطقة الدراسة [٥].

مجالات الاستفادة من معلومات الاستشعار عن بعد في الجيومورفولوجيا التطبيقية :

١ – تخطيط وتوزيع اعمال التحري الموقعي في الحقل من جميع الجوانب الطبيعية البشرية اعتماداً على مشاهدة الصور الجوية او الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة، التي على ضوئها تحدد حركة اجهزة وفرق التحري الموقعي، وبذلك تكون وسيلة لتسهيل مهمة الدراسة الميدانية.

٢ – تحديد مواقع الموارد الطبيعية المختلفة على سطح الارض، التي يمكن الاستفادة منها في الانشطة المختلفة.

٣ – طبيعة النظام الهيدرولوجي في منطقة الدراسة بنوعيه السطحي والجوفي .

٤ – كشف مناطق عدم الاستقرار على السفوح، اي المناطق التي تتعرض الى الانزلاق والانهيار في الوقت الحاضر او تعرضت اليه في الماضي او ستتعرض له مستقبلاً، كما توضح التطورات التي شهدتها المنطقة من خلال مقارنة الصور الحديثة بالقديمة.

٥ – توضيح التطورات التاريخية التي شهدها اي موقع من خلال المقارنة بين الشواهد التي توضح الاستخدامات القديمة والحديثة للمواقع، وما حدث فيها من تغيرات، ومواقع ازالة الاشجار والطمر الصحي، والمناطق التي تتعرض للفيضانات المتكررة.

٦ – توضيح المجاري القديمة للأنهار المطمورة والأخاديد المملوءة بالترسبات، وأنماط التصريف المشوشة والخوانق وفوهات المناجم المهجورة..

٧ – اظهار اشكال السطح والبنية الجيولوجية ضمن منطقة الدراسة والمناطق المحيطة بها.

٨ – توفير خرائط متنوعة يستفاد منها في مجالات عدة منها ما يأتي :

أ – خرائط خاصة بتخطيط المشاريع الهندسية المختلفة كالطرق والسدرد والخزانات وتخطيط المدن والموانىء وسكك الحديد.

ب - خرائط كنتورية توضح طبيعة الوضع الطوبوغرافي لاي منطقة.

جـ - خرائط لاغراض عدة وعلى مساحة محددة،

د - خرائط يستفاد منها في العمليات العسكرية تؤشر عليها اماكن تجمع جيش العدو ومواقع الاسلحة الستراتيجية والذخيرة والمطارات، وطبيعة ارض العدو والمعوقات والامكانات في تلك المواقع.

هـ - خرائط توضح الترسبات السطحية والتكوينات تحت السطحية، والخصائص البايلوجية لمنطقة الدراسة (٦).

الخطوات الاساسية في تفسير الصور الجوية والفضائية:

ان المعلومات المتنوعة التي توفرها اجهزة الاستشعار عن بعد وفي كافة المجالات تعتمد دقتها على تفسير الصور والخيالات، الذي يعتمد على ما يأتي :

١ - مفسر الصور الجوية وما يتمتع به من خلفية علمية ومهارة ودقة في التفسير.

٢ - الهدف من تفسير الصور والخيالات او طبيعة المشروع الذي تفسر الصور من اجله.

٣ - نوعية الصور الجوية المتوفرة.

٤ - نوع الاجهزة المستخدمة في عملية التفسير.

٥ - مقياس الصورة الجوية ومقياس الخريطة المنتجة منها.

٦ - مدى توفر معلومات سابقة عن المشروع يستفيد منها المفسر كدلائل للتأكد من صحة المعلومات التي وفرتها الصور الجوية.

٧ - يكون تفسير الصور على شكل خطوات وكما يأتي :

أ - مرحلة التعرف الاولى او العام.

ب - مرحلة تمييز المحتوى، ويعتمد على ما يأتي :

١ - درجة اللون.

٢ - النسيج.

٣ - الشكل.

٤ - الحجم.

٥ - الظـلال.

٦ - النمـط.

٧ - الموضـع.

جـ - مرحلة التحليل.

د - مرحلة الاستنتاج.

هـ - مرحلة التصنيف.

و - مرحلة المطابقة القياسية [٧].

جـ - منظومة المعلومات الجغرافية (GIS)

تعتبر منظومة المعلومات الجغرافية *Geographic Information Systems* من المنظومات الحاسوبية المصممة خصيصاً لخزن مجموعات كبيرة من البيانات المكانية المتوفرة من مصادر متنوعة بما فيها الاستشعار عن بعد، اذ يمكن خزن تلك المعلومات واعادتها بعد تحليلها حسب طلب الجهة المستفيدة، وعلى شكل مخرجات خرائطية واشكال بيانية وجداول.

وهذه المنظومة في بداية استخدامها لذا يواجه استعمالها مشاكل كثيرة تحتاج الى معالجات لتسهيل استخدامها والاستفادة منها في مجالات متعددة مثل المشاريع الهندسية والتخطيط الاقليمي. ولان المعلومات التي توفرها اجهزة الاستشعار عن بعد ذات طابع مكاني لذا تعد مكملة للمعلومات الجغرافية، بل ومن المصادر الاساسية في توفير البيانات الكمية في شتى المجالات، التي يمكن خزنها في تلك المنظومة الجغزافية [٨].

وقد كان لهذه المنظومة الدور الفاعل في توفير المعلومات المتنوعة للبحث الجيومورفي في المجالين الطبيعي والبشري وعلى نطاق واسع.

د - التحري الموقعي (العمل الحقلي)

ان المعلومات التي توفرها المصادر المكتبية والاستشعار عن بعد مهما كانت دقيقة لا تغني عن التحري الموقعي لغرض الوقوف على الحقائق ميدانياً، والتعرف على الخصائص

العامة الشكلية والتكوينية لمظاهر السطح المختلفة من خلال اجراء القياسات والفحوصات التي تؤكد صحة ما متوفر من المعلومات والتي قد لا تكون ذات بُعد تفسيري وتحليلي، كما يحتاجه الباحث الجيومورفولوجي، ولذلك يقوم بتلك المهمة بنفسه بعد ان يوفر مستلزمات الدراسة الميدانية ومنها ما يأتي :

١ – خريطة طوبوغرافية لمنطقة الدراسة تتضمن المعالم الاساسية لتلك المنطقة لتسهيل عملية تثبيت المعلومات عليها.

٢ – مستلزمات الدراسة الميدانية ومنها ما يأتي :

أ – اجهزة قياس الابعاد الرأسية والافقية مثل كلانوميتر (Clinometer) لقياس الانحدارات، وجهاز قياس المساحة، وشريط معدني او قماش للقياس.

ب – معدات تحرٍ عن المكونات السطحية وتحت السطحية، كالمجرفة والمطرقة والفأس واكياس لجمع النماذج المطلوب فحصها مختبرياً.

جـ – جهاز قياس حموضة التربة (PH).

د – اجهزة قياس التصريف المائي كالقامة المدرجة وجهاز قياس سرعة التيار Currentmeter وزورق، وذلك للقيام بقياس ابعاد الجزر وتراجع وتقدم الضفاف والتصريف المائي.

٣ – الجوانب التي يتم تناولها في الدراسة الميدانية :

أ – التكوينات السطحية وتحت السطحية (تربة – صخور).

ب – النظام الهيدرولوجي السطحي والجوفي.

جـ – النظام البيئي السائد، صحراوي، زراعي، جاف، زطب، مستنقعات، وطبيعة المناخ السائد والنظام البايلوجي القائم.

د – النشاط البشري في منطقة الدراسة والمشاكل الطبيعية التي يعاني منها.

هـ – العمليات الجيومورفولوجية النشطة حالياً.

و – الموارد الطبيعية المتوفرة ومدى الاستفادة منها في بعض المشاريع.

ز - طبيعة التضاريس في منطقة الدراسة وخصائصها المختلفة من خلال اجراء القياسات لأبعادها المختلفة والمتمثلة بما يأتي :

١ - درجة تضرس المنطقة، ويعني ذلك طبيعة التضاريس القائمة ومدى امتدادها وابعادها بالنسبة للمساحة الكلية لمنطقة الدراسة. ويتم حساب ذلك من خلال تقارب وتباعد المرتفعات ومجاري الانهار العميقة عن بعضها، التي منها نتوصل الى ما يأتي :

أ - منطقة شديدة التضرس وهي التي تتقارب فيها المرتفعات والمجاري المائية.

ب - منطقة بسيطة التضرس وهي المناطق التي تتباعد فيها المرتفعات والمجاري المائية.

٢ - التضرس المحلي ويتم قياسه كما يأتي :

أ - متوسط منسوب اجزاء المنطقة بالنسبة لمستوى سطح البحر، اذ يتم تقسيم المنطقة الى اقسام متجانسة ويجري قياس كل قسم على حده.

ب - متوسط البعد الرأسي بين أعلى وأقل منسوب للمرتفعات والمنخفضات في الاقليم بالنسبة الى سطح البحر. ولغرض تحقيق ذلك تقسم خريطة المنطقة الى مربعات متسارية، مساحة كل واحد منها ١ كم^{٢} ثم يعين منسوب اعلى واقل نقطة في كل مربع وبذلك تحدد المناسيب.

٣ - معدل ارتفاع المنطقة :

ويوضح ذلك نسبة مساحات اجزاء المنطقة المرتفعة او المنخفضة من المساحة الكلية للاقليم او المنطقة اعتماداً على الخريطة الكنتورية الخاصة بتلك المنطقة، ويتم قياس تلك المساحات والمساحة الكلية باستخدام اجهزة القياس المختلفة ومنها البلانيميتر لغرض تطبيق المعادلة الآتية :

$$\text{م س} = \frac{\text{م} - \text{ق}}{\text{س}}$$

م س . معدل ارتفاع الجزء المراد قياسه

م . متوسط ارتفاع الجزء المراد قياسه

ق . اقل منسوب في الجزء

س . السطح المحلي (البعد بين اعلى واقل منسوب في المساحة الكلية (٩).

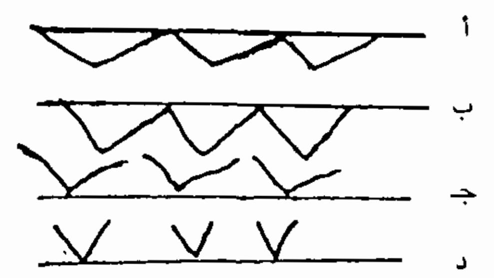
٤ – قياس انحدارات المنطقة وعمل خرائط لها تتضمن رموز تعبر عن طبيعة الانحدار اذا كان شديداً او معتدلاً او محدباً او مقعراً وكما يأتي :

أ – انحدار بسيط التحدب

ب – انحدار شديد التحدب

جـ – انحدار بسيط التقعر

د – انحدار شديد التقعر



٥ – تمييز مظاهر سطح الارض وتصنيفها :

يقوم الباحث العلمي بتمييز مظاهر السطح المختلفة في منطقة الدراسة ومن ثم تصنيفها الى مجاميع متباينة في الشكل والتكوين وكما يأتي :

أ – مظاهر ناتجة عن اختلاف التراكيب الصخرية، التي تسمى بالمظاهر التركيبية والتي تعود الى طبيعة بنية وتركيب الصخور مثل الحافات الصخرية والمصاطب والشواهد الصخرية والكويستات.

ب – الاشكال الناتجة عن التعرية والارساب النهري كالمنعطفات والبحيرات الهلالية والمدرجات والدلتوات والجزر النهرية والسهول الفيضية، والدالات المروحية في المناطق الواقعة اسفل سفوح المرتفعات.

جـ – طبيعة الجريان وانماطه اذا كان تابعاً او معاكساً لميل الطبقات.

د – مظاهر ناتجة عن الانزلاق او الانهيار او الهبوط او زحف التربة.

هـ – مظاهر ناتجة عن العمليات الباطنية البطيئة والسريعة كالحركات التكتونية والزلازل والبراكين.

و – الاشكال الناتجة عن فعل الرياح او الثلوج.

٦ – عمل قطاعات تضاريسية لسطح الارض في منطقة الدراسة ومنها ما يأتي:

أ – القطاع البسيط :

ويعني رسم خط بياني يقطع سطح الارض رأسياً على محور معين فيوضح تعرج

سطح الارض وذلك لارتفاع خط القطاع في المناطق التي يرتفع فيها السطح لوجود جبال وهضاب وينخفض في مناطق السهول والوديان، رلذلك يوضح طبيعة سطح الارض في تلك المنطقة وما يتضمنه من منحدرات لا يمكن تميزها على الخريطة الكنتورية بوضعها الاعتيادي، وهذا ما يستفاد منه في مجالات عدة كتصريف المياه واقامة المشاريع والابنية المختلفة، ومن الجدير بالذكر ان شكل القطاع في المنطقة الواحدة يتغير بتغير المحور الذي يتم رسم القطاع على طوله حتى ولو على مسافة قصيرة ارتفاعاً او انخفاضاً [١٠].

ويمكن رسم هذا النوع من القطاعات بطريقتين :

١ - الطريقة الأولى تعتمد على الخطرات الآتية :

أ - توفير خريطة كنتورية للمنطقة التي يراد رسم قطاع لها.

ب - تعيين موقع القطاع من خلال رسم خط يصل بين نقطتين على الخريطة الكنتوزية.

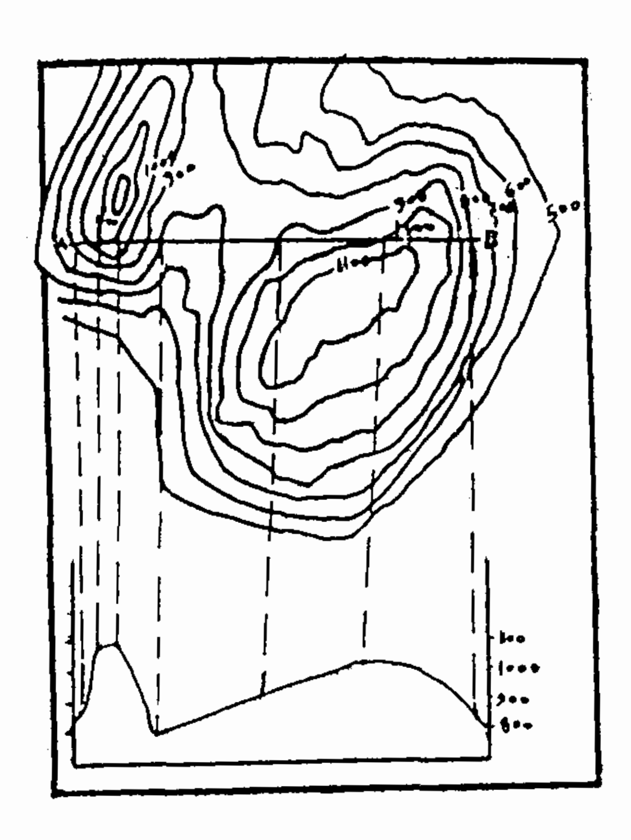
جـ - رسم خط افقي موازٍ لخط المحور الذي يمثل القطاع اسفل الخريطة وعلى مسافة مناسبة والذي يمثل المسافة الافقية للقطاع.

د - رسم خطين عموديين عند نهايتي الخط الافقي السابق ويتم تقسيمهما الى اجزاء متساوية لعدد الخطوط الكنتورية التي يقطعها محور القطاع. ويتم تثبيت ارقام تلك الخطوط عليها من الاسفل الى الاعلى وبشكل متدرج من اقل رقم الى اعلى رقم.

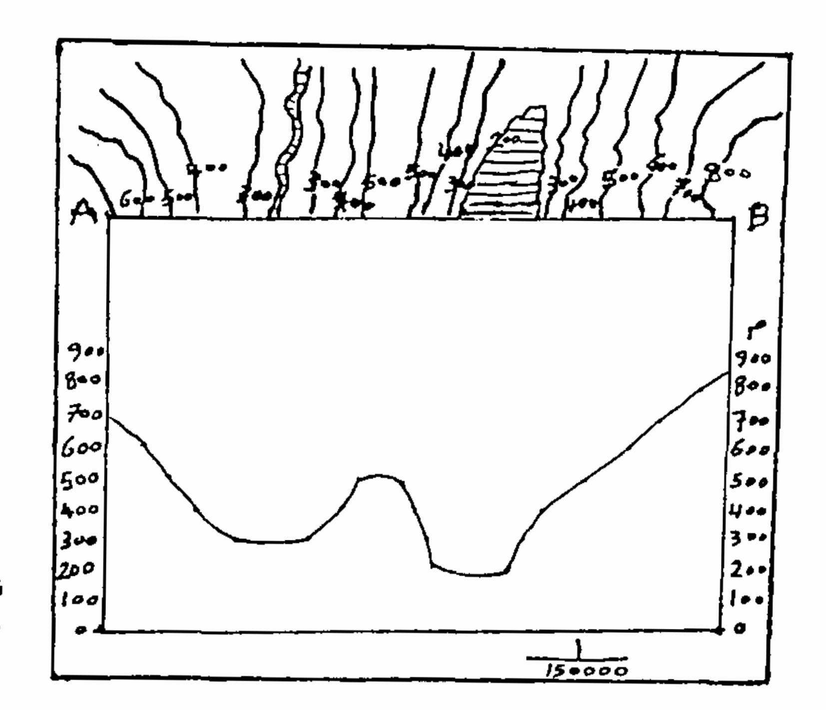
هـ - رسم خطوط بسيطة تمتد من نقاط التقاء المحور بالخطوط نحو الاسفل باتجاه خط المسافة الافقية وتنتهي مقابل الرقم الذي يمثل كل خط بالاتجاه الرأسي.

و - رسم خط يوصل بين نهايات الخطوط النازلة جميعاً فيكون على شكل قطاع تضاريسي يوضح طبيعة سطح الارض في ذلك المكان [١١]. شكل رقم (٢ أ).

٢ - الطريقة الثانية وهي تشبه الطريقة السابقة من حيث الخطوات الاساسية في رسم القطاع ويتم اتباع نفس الخطوات السابقة الا انه يتم استخدام ورق رسم بياني بدلاً من الورقة المرسوم عليها الخريطة الكنتورية، اذ توضع حافة تلك الورقة على طول خط القطاع ويؤشر عليها نقاط تقاطع محور القطاع مع الخطوط الكنتورية وتثبت عند كل نقطة قيمة ارتفاع الخط. وبعد ذلك تطبق نفس الخطوات من فقرة جـ الى و (١٢) شكل رقم (٢ ب).



شكل رقم (٢ أ)
قطاع تضاريسي بسيط



شكل رقم (٢ ب)
قطاع تضاريسي
بسيط

ب - قطاعات طولية تمثل طبيعة انحدار سطح الارض في اي مكان مثل سفوح المرتفعات والهضاب وطبيعة انحدار الاودية الجافة ومجاري الانهار، التي يستفاد منها عند تنفيذ المشاريع المختلفة في تلك الاماكن كالمنشآت والابنية والسدود والخزانات والمطارات والطرق والجسور.

جـ - قطاعات عرضية للأودية الجافة ومجاري وأودية الانهار، والتي تكون على الاغلب بشكل منتظم من بداية الوادي او مجرى النهر حتى النهاية وعلى مسافة معينة كل ١ او ٢كم او اكثر حسب متطلبات الدراسة، ومن فوائد تلك المقاطع التعرف على المناطق التي تتعرض الى عمليات التعرية والتجوية والارساب، كما توضح مناطق الضعف والقوة في الضفاف. وهذا ما سيتم تفصيله لاحقاً.

د - قطاعات متداخلة :

ان عملية رسم القطاعات تم تناولها في الفقرات السابقة الا ان ما يجري في هذا المجال هو تقسيم الخريطة الكنتورية للمنطقة المطلوب رسم قطاعات متداخلة لها الى اقسام متساوية رأسياً بواسطة خطوط مستقيمة موازية لبعضها البعض ومتقاطعة مع الخطوط الكنتورية ثم رسم قطاع لكل خط وفق الطرق السابقة، وبعد ذلك يتم تطبيق القطاعات المنتجة فوق بعضها البعض بتوحيد خط القاعدة لها جميعاً فتظهر قطاعات متداخلة (١٣). شكل رقم (٣).

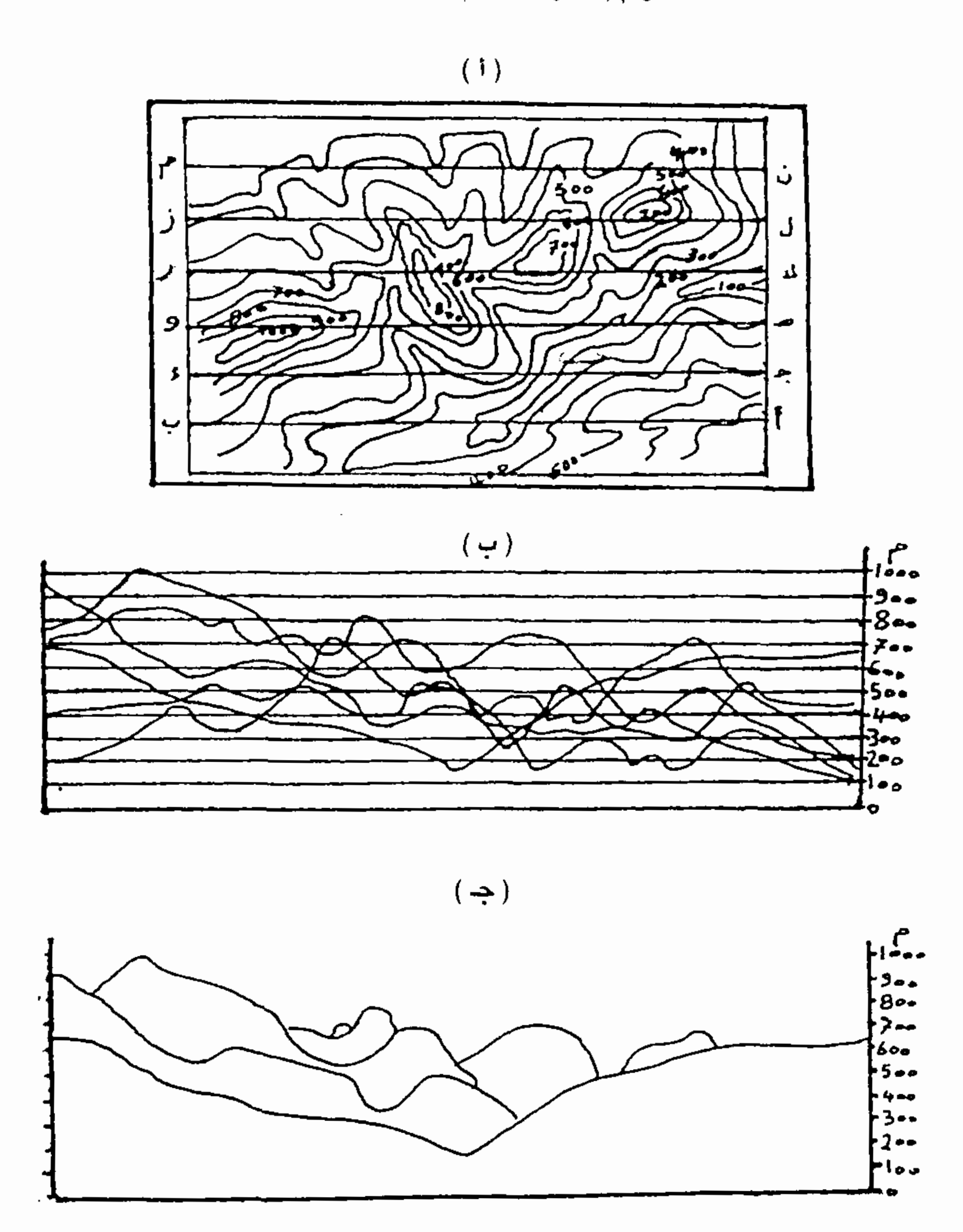
وقد يظهر من رسم تلك القطاعات تباين ارتفاع أجزاء كل منطقة من مكان لآخر، اذ توضح الأجزاء المرتفعة فقط في كل قطاع التي تغطي المناطق الاقل ارتفاعاً في القطاع الذي قبلها او الاعلى منها. وقد يستفاد من هذا التباين في مجالات عدة عند ممارسة اي نشاط بشري في تلك المناطق.

هـ - قطاعات بانورامية :

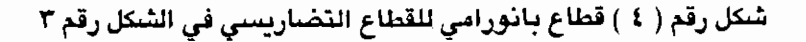
تتشابه القطاعات البانورامية مع المتداخلة في طريقة الرسم الا انه عند رسم القطاع البانورامي تختفي فيه الاجزاء التي يقع امامها قطاع اعلى، وهذا يعني ان القطاع الاول يظهر كاملاً والثاني تظهر منه اجزاء وهكذا بقية القطاعات الاخرى.

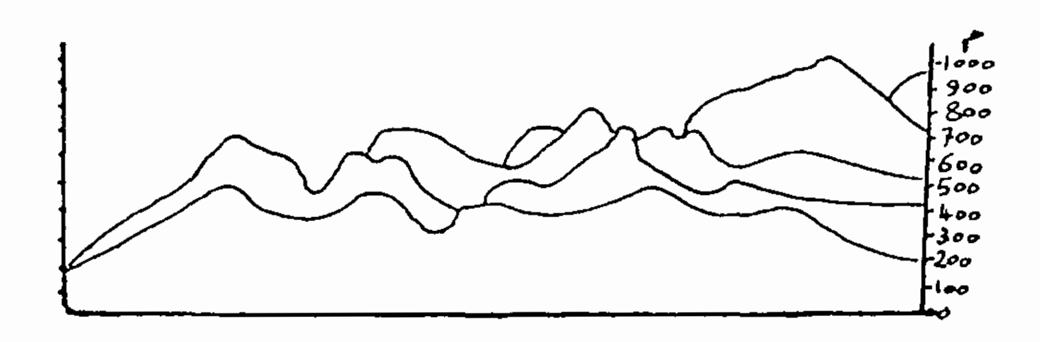
ومن الجدير بالذكر ان منظر البانوراما يتغير بتغير الزاوية التي ينظر منها القارئ[١٤].

شكل رقم (٣) مراحل رسم القطاعات المتداخلة



شكل رقم (٤) يوضح قطاع بانوراما للمنطقة التضاريسية في الشكل رقم (٣) بالنظر من جهة اليمين الى اليسار.


شكل رقم (٤) قطاع بانورامي للقطاع التضاريسي في الشكل رقم ٣



و - استخدام المنحنيات البيانية في تحليل مظاهر سطح الارض بالاعتماد على الخريطة الكنتورية وبطرق عدة منها ما يأتي :

١ - المنحنى الهبسوغرافي او الهبسومتري (المنحنى التكراري المتجمع) :

ويستخدم في توضيح العلاقة بين ظاهرتين متغيرتين هما الارتفاع والمساحة، ويجري رسمه وفق الخطوات الآتية :

أ - قياس المساحة بين كل خطي كنتور متتاليين باستخدام اجهزة قياس المساحة المتنوعة.

ب - رسم محورين افقي يمثل المساحات ورأسي يمثل الارتفاعات.

جـ - تحويل مساحات الانطقة من ارقام حقيقية الى نسب مئوية ($\frac{\text{مساحة النطاق} \times 100}{\text{المساحة الكلية}}$)

فتكون مساحة كل نطاق عبارة عن نسبة محددة يسهل تمثيلها بأشكال بيانية.

ويستفاد من هذا النوع من المنحنيات في دراسة احواض الانهار، اذ يوضح طبيعة انحدار المجرى والمرحلة التي يمر بها النهر (الشباب، النضج، الشيخوخة) [١٥].

مثال ارسم منحنى هبسوغرافي لمنطقة موضحة على خريطة كنتورية مساحتها ٨٠٠٠كم٢ وكانت المساحة المحصورة بين خطي كنتور ٠و٥٠ = ٢٠٠٠كم٢ وبين ٠و١٠٠

= ٤٠٠٠كم^{2} و بين ٠و٢٠٠ = ٦٠٠٠كم^{2}.

الحل : تستخرج النسب المئوية لكل نطاق من تطبيق القانون السابق وكما يأتي :

١ - $\frac{٢٠٠٠ \times ١٠٠}{٨٠٠٠}$ = ٢٥٪

٢ - $\frac{٤٠٠٠ \times ١٠٠}{٨٠٠٠}$ = ٥٠٪

٣ - $\frac{٦٠٠٠ \times ١٠٠}{٨٠٠٠}$ = ٧٥٪

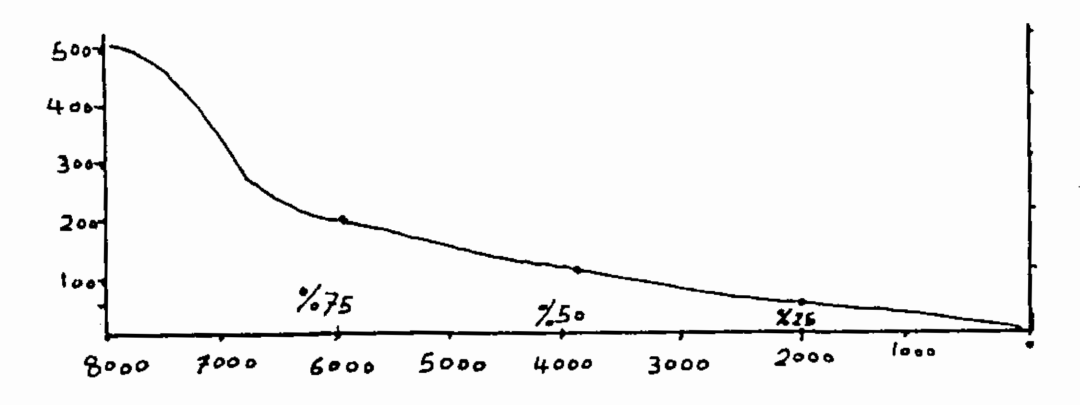
الشكل رقم (٥) يمثل منحنى هبسوغرافي لتلك المنطقة .

ويمكن استخدام منحنى الهبسوغراف في تمثيل توزيع الماء واليابس على سطح الكرة الارضية شكل رقم (٦)

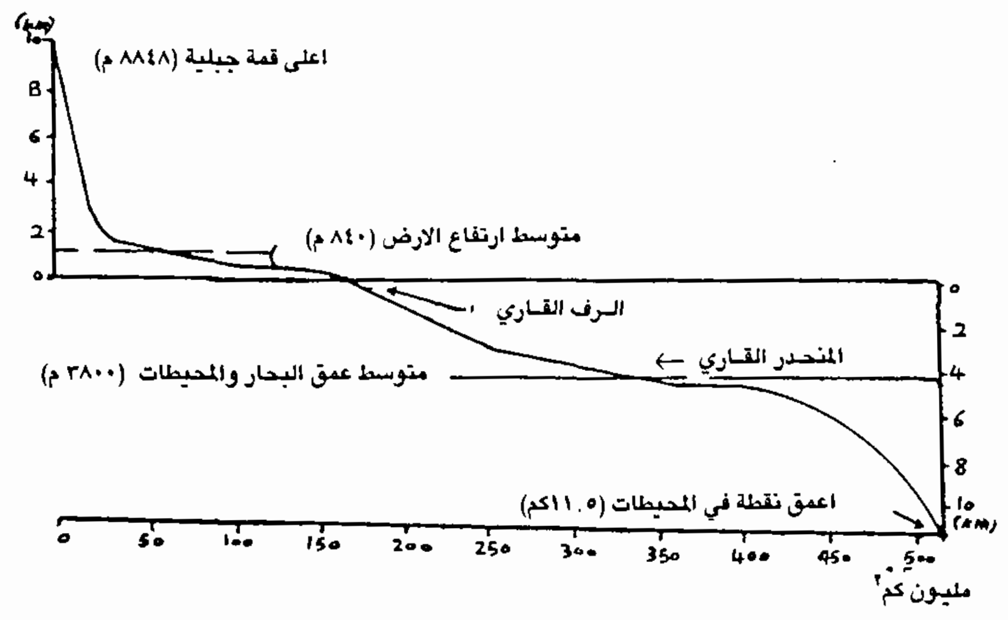
٢ - المنحنى الكلينوغرافي (Clinographic)

يستخدم هذا النوع في تمثيل مقدار زاوية ميل الانحدار بين كل خطي كنتور متتاليين، ففي النوع السابق يكون التمثيل على شكل نسب مئوية وليست ارقام حقيقية ويكون عام، اما

شكل رقم (٥) منحنى هبسوغرافي



شكل رقم (٦) هبسوغراف يوضح توزيع الماء واليابس على سطح الارض



(مساحة الكرة الارضية) المصدر : د . محي الدين بنانه . الجيوهندسية التطبيقية ، ١٩٨٨ ، ص ١٣

هذا النوع فهو اكثر دقة لانه يوضح التغيرات الصغيرة التي لا يظهرها النوع السابق. فانحدار الارض يظهر في الخريطة على شكل مستوٍ الا انه في منحنى الكلينوغراف يكون على شكل ارض منحدرة بزاوية واضحة، لهذا يفضل استخدامه، ولغرض رسم هذا المنحنى يجب مراعاة ما يأتي :

أ - استخراج زاوية الانحدار بين خط وآخر ويعتمد ذلك على عنصري الفاصل الرأسي والمسافة الافقية بينهما، وهذا ما سيتم توضيحه في موضوع الانحدارات لاحقاً.

ب - رسم خط افقي يمثل مستوى سطح البحر وخط رأسي يمثل مقدار الارتفاع كما في الخريطة الكنتورية.

حـ - رسم خطوط افقية موازية للخط الافقي وبعدد مساوٍ لعدد الخطوط الكنتورية وعلى مسافات منتظمة .

د - رسم خطوط مائلة بين خط افقي وآخر وبزاوية تساوي مقدار الزاوية الحقيقية التي نحصل عليها من العلاقة بين الفاصل الرأسي والمسافة بين كل خط وآخر [١٦]. مثال :

ارسم منحنى كلينوغرافي لانحدار سفح من الخريطة الكنتورية رقم (١) التي ظهر من خلال استخدام المعادلات الخاصة بالحصول على زوايا الانحدار بين الخطوط الكنتورية ما يأتي :

٠ - ٥٠ = ١٠°

٥٠ - ١٠٠ = ٢٠°

١٠٠ - ١٥٠ = ٣٠°

١٥٠ - ٢٠٠ = ٤٠°

٢٠٠ - ٢٥٠ = ٣٠°

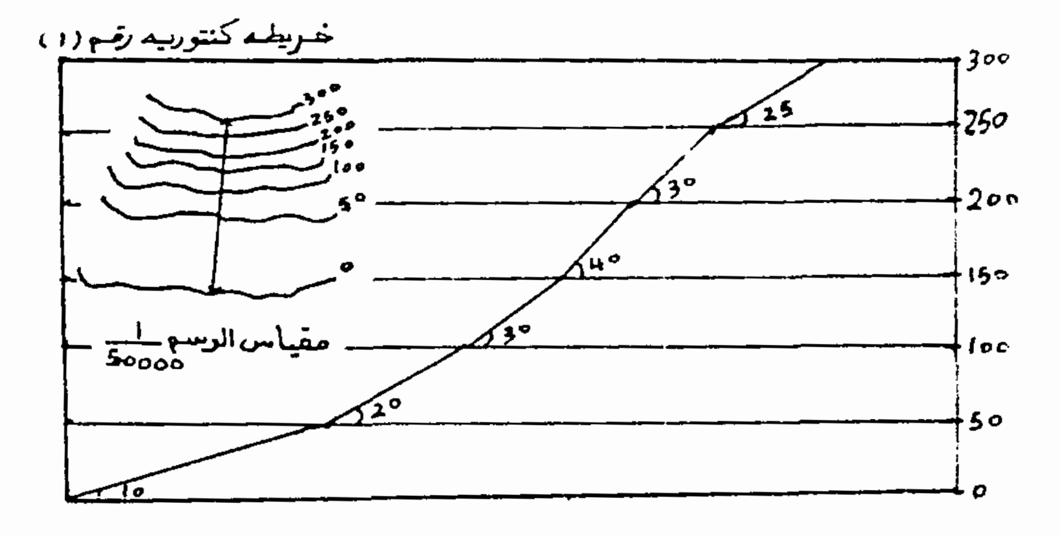
٢٥٠ - ٣٠٠ = ٢٥°

ومن خلال تطبيق الخطوات التي مر ذكرها يكون كلينوغراف المقطع الموضح في الخريطة كما في الشكل رقم (٧).

٣ - المنحنى الالتميري Altimetric

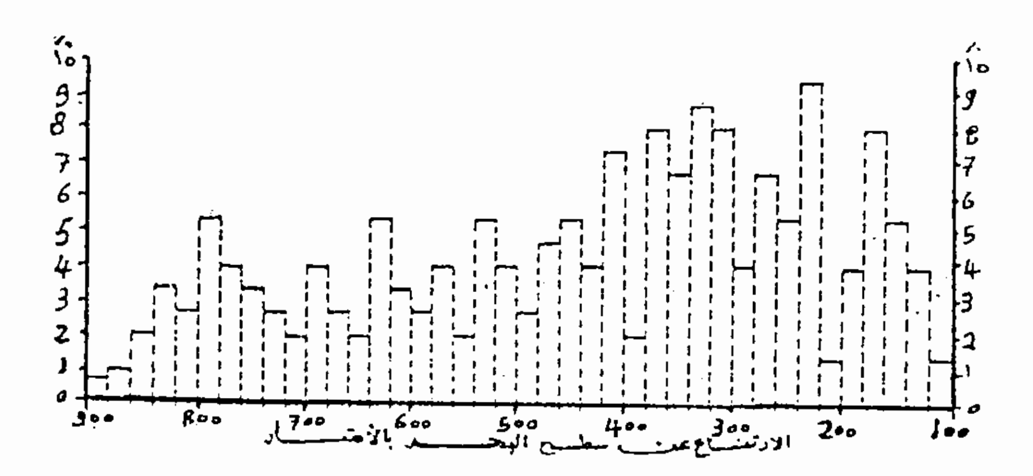
يستفاد من هذا المنحنى في توضيح العلاقة بين مناسيب عدة على سطح الارض والتي من خلالها يمكن معرفة التطورات التي شهدتها تلك المنطقة من عمليات تعرية وارساب وتجوية وانهيار وهبوط التي تغير من مناسيب تلك المناطق.

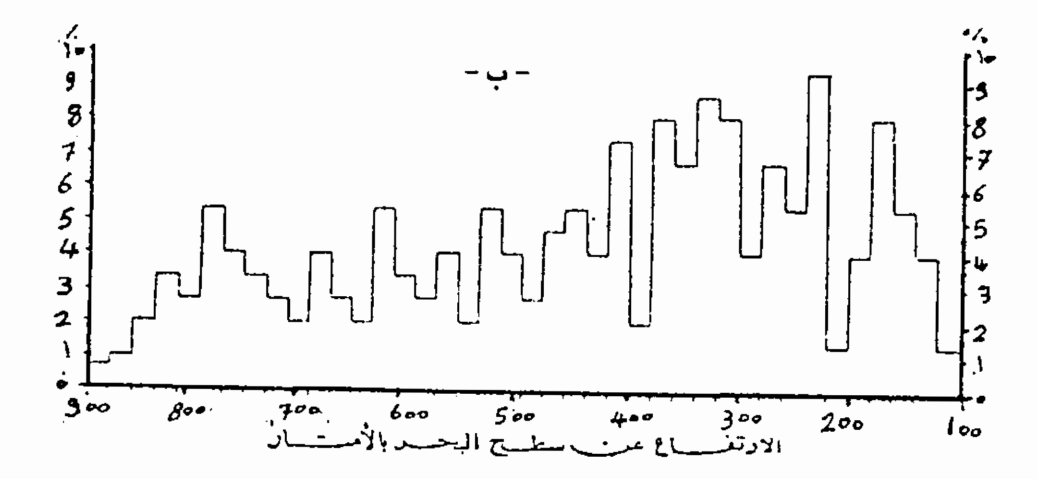
شكل رقم (٧) منحنى كلينوغرافي للمقطع الموقع في الخريطة رقم (١)



يتطلب رسم المنحنى توفر خريطة كنتورية للمناطق التي يراد رسم منحنى لها، ويتم رسم خط افقي توقع عليه مناسيب الارتفاع فوق مستوى سطح البحر بما يتناسب مع ما تتضمنه الخريطة، كما يرسم خط آخر رأسي يمثل مساحة المناطق الواقعة بين الخطوط الكنتورية، بحيث تتحول تلك المساحات الى اعمدة متباينة الاوتفاع، شكل رقم (٨ – أ)، وبعد الانتهاء من رسم الاعمدة تحذف الخطوط العمودية فيتحول الشكل الى منحنى سوضح التغيرات في شكل السطح في تلك المنطقة [١٧] . شكل رقم (٨ – ب)

شكل رقم (٨) مراحل رسم منحنى الالتمتري





مراجع الفصل الأول

١ – د . العيسوي محمد الذهبي و د . نبيل الحسيني، اساسيات الجيولوجيا العامة، مكتبة دار المعارف الحديثة، الاسكندرية، ١٩٩٤، ص ٧ .

٢ – د . يحيى عيسى فرحان، التطبيق الهندسي للخرائط الجومورفولوجية، نشرة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية الكويتية، عدد ١٣ سنة ١٩٨٠، ص ٢٤.

٣ – د . عبد رب النبي محمد عبد الهادي، المدخل في علم الاستشعار عن بعد، الدار العربية للنشر والتوزيع، ١٩٩٢، ص ٣٠.

٤ – يحيى عيسى فرحان، الاستشعار عن بعد وتطبيقاته، جـ١، الصور الجوية، عمان – الاردن، ١٩٨٧، ص ١٧٥ .

٥ – د . فاضل السعدوني وغادة محمد سليم وحاتم سعيد الطويل، الاستشعار عن بعد في الهندسة المدنية، عمان، ١٩٩٥، ص ١٥٣ .

٦ – علي شكري و د . محمود حسين عبد الرحيم و د . رشاد الدين مصطفى، المساحة التصويرية والقياس الالكتروني ونظرية الاخطاء، منشأة المعارف، الاسكندرية، ١٩٩٥، ص ١٧ .

٧ – د . يحيى عيسى فرحان، الاستشعار عن بعد وتطبيقاته، مصدر سابق، ص ٧٦ .

٨ – محمود توفيق سالم، اساسيات الجيولوجيا الهندسية، دار الراتب الجامعية، بيروت ١٩٨٩، ص ١٦ .

٩ – المصدر السابق ص ٢٠.

١٠– John malcolm; Elementary surveying, university tulorial press Ltd. London, 1966 p. 227.

١١– د . محمد صبحي عبد الحكيم وماهر عبد الحميد الليثي، علم الخرائط، مكتبة الانجلو المصرية، ١٩٩٦، ص ٢٠٧.

١٢– د . محمد محمد سطيحة، دراسات في علم الخرائط، دار النهضة العربية للطباعة

والنشر، بيروت، ١٩٧٢، ص ٢٨٦.

١٣- د . محمد صبحي عبد الحكيم وزميله، علم الخرائط، مصدر سابق، ص ٢٢٠.

١٤- د . محمد صبري محسوب و د . احمد البدوي محمد الشريعي، الخريطة الكنتورية قراءة وتحليل، دار الفكر العربي، القاهرة، ١٩٩٩، ص ٢٢٥.

١٥- المصدر السابق، ص ٢٣٦.

١٦- د . محمد صبحي عبد الحكيم وزميله، علم الخرائط، مصدر سابق، ص ٢٣١.

١٧- محمد صبري محسوب وزميله، الخريطة الكنتورية، مصدر سابق، ص ٢٣٩.

الفصل الثاني

التكوينات السطحية وتحت السطحية (الصخور والتربة)

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ خلق السموات والأرض بغير عمدٍ ترونها وألقى في الأرض رواسيَ ان تميد بكم وبث فيها من كل دابة وأنزلنا من السماء ماءً فأنبتنا فيها من كل زوج كريم ﴾

(صدق الله العظيم)

الأية (١٥) سورة لقمان

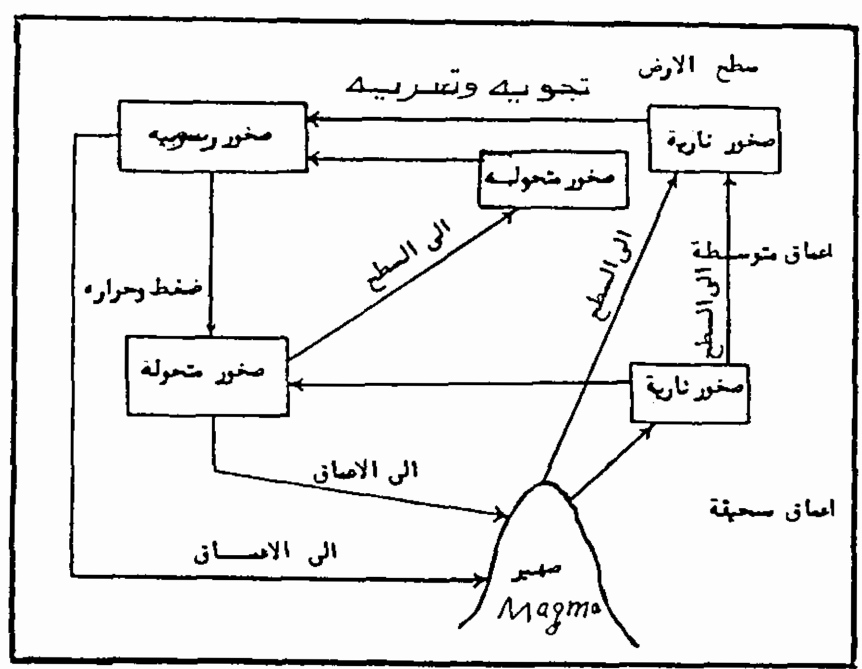
تتكون القشرة الارضية من طبقات صخرية يتباين سمكها من مكان لآخر كما مر ذكره، وتغطي تلك الطبقات في معظم الاماكن طبقة هشة من التربة متباينة السمك، في حين توجد مناطق صخرية ظاهرة على سطح الارض، وعليه سيتم تناول الصخور والتربة كل على حده وكما يأتي :

الصخـور Rocks

تكونت الصخور والرواسب المعدنية في ظروف وبيئات معينة ساعدت على وجودها في ذلك الوقت، ولا تتوفر مثلها في الوقت الحاضر، لهذا توجد في مناطق دون اخرى، ولا يمكن اعادة توزيعها.

فالصخور توجد بأنواعها في القشرة الارضية بنسب متباينة من مكان لآخر حسب الظروف والعوامل التي اسهمت في تكوين كل نوع. كما كان للظروف الجيولوجية والمناخية الأثر الكبير في تغير خصائص تلك الصخور وتحويلها من نوع لآخر، وهذا ما يسمى بدوره الصخور في الطبيعة. (شكل رقم ٩).

شكل رقم (٩) دورة الصخـور في الطبيعة



المصدر : د . سهيل السنوي وآخرون، الجيولوجيا العامة، ص ٨٧ .

ولزيادة الايضاح سيتم تناول كل نوع من الصخور بشكل مختصر وذلك لان الذي يهمنا في هذه الدراسة هو الخصائص العامة لتلك الصخور وعلاقتها بالنشاط البشري.

أولاً - انواع الصخور

١ - الصخور النارية Igneous Rocks

تعد الصخور النارية من اقدم انواع الصخور ولذلك تسمى بالأصلية، وتوجد في الطبيعة على نوعين باطنية في داخل القشرة وتسمى بلوتونية Plutonic او جوفية، والتي تصلبت في اعماق القشرة الارضية قبل ان تصل الى سطح الارض، وقد تبردت ببطء، لذلك تكون واضحة التبلور وتتخذ اشكالاً مختلفة في باطن الارض كالباثوليت ولكوليث ولبوليث والسدود والاعناق وغيرها.

اما النوع الثاني فهي سطحية وتسمى بركانية وهي ناتجة عن الثورانات البركانية القوية التي دفعت بها الى سطح الارض، وتختلف عن الباطنية بأنها دقيقة التبلور لكونها تبردت بسرعة .

وتتكون من عدة انواع حسب تركيبها الكيميائي وكما يأتي :

أ - صخور حامضية، وهي تحتوي على نسبة عالية من السليكا تتراوح ما بين ٦٥ - ٨٠٪ ونسبة قليلة من المعادن الفيرومغنيسية (الحاوية على الحديد والمغنيسيوم) وتحتوي على نسبة كبيرة من الكوارتز والفلسبار وهي معادن ذات الوان فاتحة وكثافة قليلة، ومن انواعها :

الجـــرانيت Granite	الرايـــــولايت Rhyolite
ليباريــــــت Liparite	صخر الخفاف Pomice
بيجمـــاتيت Pegmatite	صخر القـــار Pichstone
اوبســـيدان Obsidian	

ب - صخور متوسطة، وهي صخور تحتوي على السليكا بنسبة تتراوح ما بين ٥٢ - ٦٥٪ ونسبة متوسطة من المعادن الفيرومغنيسية وهي صخور فاتحة اللون، ومن انواعها :

دايوريـــت Diorite	ســيانيت Syenite
اندايسيت Andesite	تراكيـت Trachyte

جـ - صخور قاعدية، وهي تحتوي على نسبة تتراوح ما بين ٤٥ - ٥٢٪ من السليكا ونسبة عالية من المعادن الفيرومغنيسية، وتحتوي معادن ذات الوان داكنة وكثافة عالية ومن انواعها :

جابـــرو Gabbro

بازلـــت Basalt

ديابـــاز Diabase

د - صخور فوق القاعدية، وتقل فيها نسبة السليكا عن ٤٥٪ وتحتوي على معادن تتضمن نسبة عالية جداً من الحديد والمغنيسيوم، ومن انواعها :

الديـــــونيت Dunite

البيريدوتيـــت Peridotit

البيروكسينيت Pyroxinite [1].

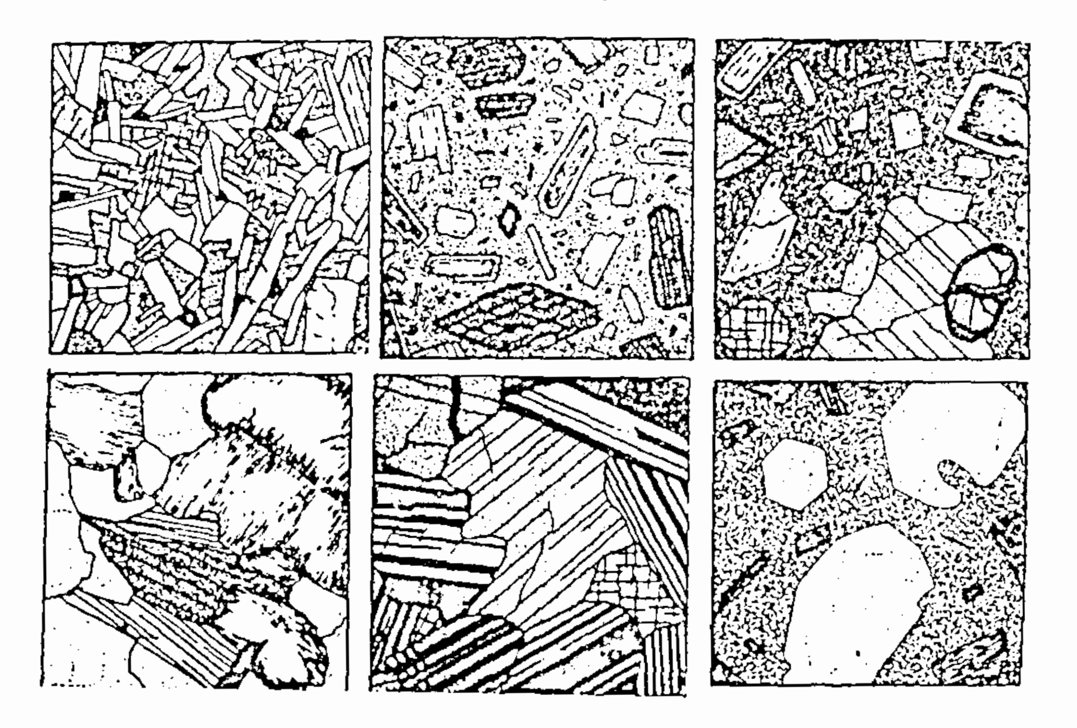
ومن الشكل رقم (١٠) يمكن ملاحظة التصنيف البسيط للصخور النارية حسب النسيج والتركيب المعدني.

شكل رقم (١٠) تصنيف الصخور النلرية حسب النسيج والتركيب المعدني

	الصخور الحامضيه	الصخور المتوسطه	الصخور القاعديه
	لون فاتح وكثافه قليله نسبياً	لون فاتح وكثافه عاليه نسبياً	لون داكن وكثافه عاليه
نسيج دقيق (صخور بركانيه)	الرايولايت Rhyolite، الداسايت Dacite	الانديسايت Andesite	البازلت Basalt
نسيج خشن (صخور بلوتونيه)	الكرانيت Granite، الكرانوديورايت Granodiorite	الدايورايت Diorite	الجابرو Gabbro، البيريدوتايت Peridotite
المعادن المكونه 100 - 75 - 50 - 25	الاورثوكليز Orthoclase، الكوارتز Quartz	Plagioclase البلاجيوكليز	Ferromagnesian minerals المعادن الفيرومغنيسيه

وتتخذ الصخور النارية اشكالا مختلفة النسجة حسب نوع وحجم وشكل المعادن المكونة لها وحالة التبلور التي عليها تلك الصخور، شكل (١١) .

شكل رقم (١١) مقاطع متباينة لانواع الصخور النارية



٢ - الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

تأتي بالمرتبة الثانية من حيث النشأة الا انها اكثر انتشاراً من النارية والمتحولة، وتسمى الثانوية لانها تتكون من بعض معادن الصخور النارية التي تعرضت الى تأثيرات متنوعة ادت الى تغيير خصائصها الطبيعية، ومن اهم المعادن التي تتكون منها تلك الصخور هي :

أ - معادن طينية (Argillaceaus) وتشكل ٨٠٪ من مكونات تلك الصخور، وهي عبارة عن سليكات الالمنيوم المائية ($Al_2 Sio_2$).

ب - الكوارتز، وهو من المعادن الاساسية للرمال والصخور الرملية وتمثل نسبة ١٥٪ من الصخور الرسوبية.

جـ - الكالسيت، ويكثر في الصخور الجيرية كالحجر الجيري ويعتبر من اكثر المواد التي

تعمل على تماسك حبيبات الصخور الخشنة.

د – اكاسيد الحديد، ومن اهم تلك المعادن الهيماتيت والليمو نيت التي توجد في الرمال السوداء، وتكون مادة لاحمة في الصخور الرملية.

هـ – الجبس (Gybsum) (كبريتات الكالسيوم المائية)
و – الهاليت (Halite) (كلوريد الصوديوم)
} يوجد النوعان في رواسب البحيرات المالحة بعد تبخر مياهها (٢)

وتقسم الصخور الرسوبية الى عدة انواع حسب طريقة تكوينها وتركيبها الكيميائي وهي:

أ – الصخور الرسوبية الميكانيكية (الفتاتية) (Clastic or mechanical sedimentary Rocks)

يتكون هذا النوع من الصخور من مفتتات تعرضت الى التجوية والتعرية ونقلت وترسبت في مكان منخفض دون ان يحدث لها تغيير في خصائصها الكيميائية. وهي ذات مسامية تسمح للماء بالانتقال خلالها بسهولة من مكان لآخر، وقد ادى ذلك الى ترسيب ما تحمله تلك المياه من املاح ومعادن في المسامات الواقعة بين المفتتات فعملت على التحامها وتماسكها وزيادة صلابتها. ومن اهم تلك المواد اللاصقة هي الكالسيت والدولومايت والكوارتز واكاسيد الحديد.

وقد تعمل المياه في بعض الاحيان على اذابة بعض مكونات الرواسب ونقلها وترسيبها في مكان آخر. كما تؤدي عمليات الترسيب بكميات كبيرة الى زيادة الضغط المتولد عنها فوق الطبقات السفلى فيؤدي ذلك الى قلة المسامات وطرد الماء الموجود فيها، ومثال ذلك الطفل (Shale) الذي يحتوي على ٤٥٪ مسامات فعند تعرضها الى الضغط تقل الى ٥٪.

والصخور الرسوبية الميكانيكية على انواع مختلفة، ويمكن تقسيمها حسب حجم الحبيبات الى ما يأتي :

١ – صخور المتكتلات (Conglomerate)

وتتكون من تجمع الحصى والجلاميد والرمال وتكون ذات صلابة عالية اذا تضمنت نسبة عالية من السليكات، وتكون ذات كتل مستديرة الشكل وتكثر قرب الشواطىء البحرية. شكل رقم (١٢ أ).

٢ – الصخور الرملية (Sandstone)

وهي ناتجة من تماسك ذرات الرمل بواسطة مواد لاصقة مختلفة النوع واللون ولذلك تظهر تلك الصخور بألوان مختلفة مثل اوكسيد الحديد مائل الى الاحمرار، كاربونات الكالسيوم مائلة الى البياض وهي مادة قابلة للذوبان بالماء لذلك يكون نوع تلك الصخور ضعيف المقاومة لعمليات التجوية والتعرية. اما السليكا فتكون ذات لون مائل الى الازرق وانها ذات صلابة عالية. كما توجد بعض الصخور المائلة الى الاسود لاحتوائها على بعض المعادن المشعة مثل اليورانيوم والثريوم وغيرها[٣].

٣ - صخـور البريشـا (Breccia)

وهي تشبه المتكتلات من حيث نوع مكوناتها الا انها تتميز عنها في شكل المكونات اذ تكون ذات حواف حادة وأطراف مدببة شكل رقم (١٢ ب).

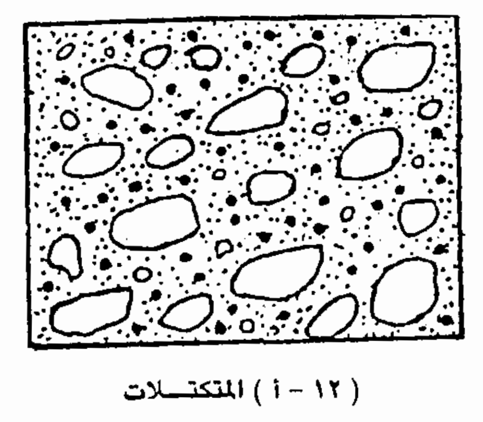
شكل رقم (١٢) المتكتلات والبريشا

٤ - الصخـور الطينيـة

تتكون من مواد طينية مختلطة بمواد اخرى عضـوية او كلسـية وتكون ذات الوان مختلفة حسب نوع الاكاسيد التي تتضمنها مثل اكاسيد الحديد والمنغنيز فتكون اما مائلة الى الاحمر او الاصفر او الاخضر، او تميل الى السواد اذا ارتفعت فيها نسبة الجير (كاربونات الكالسيوم).

وقد تسمى طينية جيرية او المارل (Marl) .

ويحتـوي الطين عى نسبـة ١٥٪ من الماء عندما يفقدهـا يتحـول الـى حجـر طـيني (Mudstone) وقد يكون على شكل طبقات رقيقة او صفائح نتيجة للضغط الذي تعرض له قبل ان يجف، ويسمى في هذه الحالة بالحجر الطيني الصفائحي (الطفل Shale) .



(١٢ - أ) المتكتـلات



(١٢ - ب) البريشـا

ب - صخور رسوبية كيمياوية (Chemical Sedimentary Rocks)

وهي ناتجة عن حدوث تفاعلات كيمياوية بين محاليل متنوعة ينتج عنها كاربونات وبيكاربونات تتحد مع بعضها فينتج عنها عدة انواع من الصخور الرسوبية الكيمياوية متباينة في تركيبها ومنها ما يأتي :

١ - صخور الكلس الكيميائي :

وهي ناتجة عن ترسب كاربونات الكالسيوم في المحاليل الجيرية الحاوية على كاربونات الكالسيوم الهيدروجينية ومنها الصخور الجيرية المتكونة من معدن الكالسايت ($Caco_3$) المترسب في مياه البحر، والدلومايت (Dolomite) وهو يشبه حجر الكلس الا انه يتكون من معدن الدولومايت ($Camg\ (co3)_2$) والناتج عن احلال ايون المغنيسيوم محل ايون الكالسيوم. ومن انواعه الاخرى الترافرتين (Travertine) ويتواجد قرب الينابيع والعيون وفي الكهوف والتي تعرف بالستالكتايت وستالكمايت.

٢ - صخور تبخرية (ملحية)

وهي ناتجة عن ترسبات ملحية ومنها الجبس (Gypsom) ويسمى كبريتات الكالسيوم المائية، والانهيدرايت وتسمى كبريتات الكالسيوم اللامائية، والملح الصخري اي كلوريد الصوديوم.

٣ - صخور سيليكية

ومنها الصوان (Chert) وهو ناتج عن ترسب السليكا المذابة في الينابيع الحارة.

جـ - صخور رسوبية عضوية (Orgonic Sedimentary Rocks) :

وتقسم الى عدة انواع حسب تركيبها الكيميائي هي :

١ - حجر الكلس العضوي وهو اكثر انواع الصخور انتشاراً على الارض، ويتكون من بقايا الحيوانات والنباتات المتكونة من كاربونات الكالسيوم او الجير.

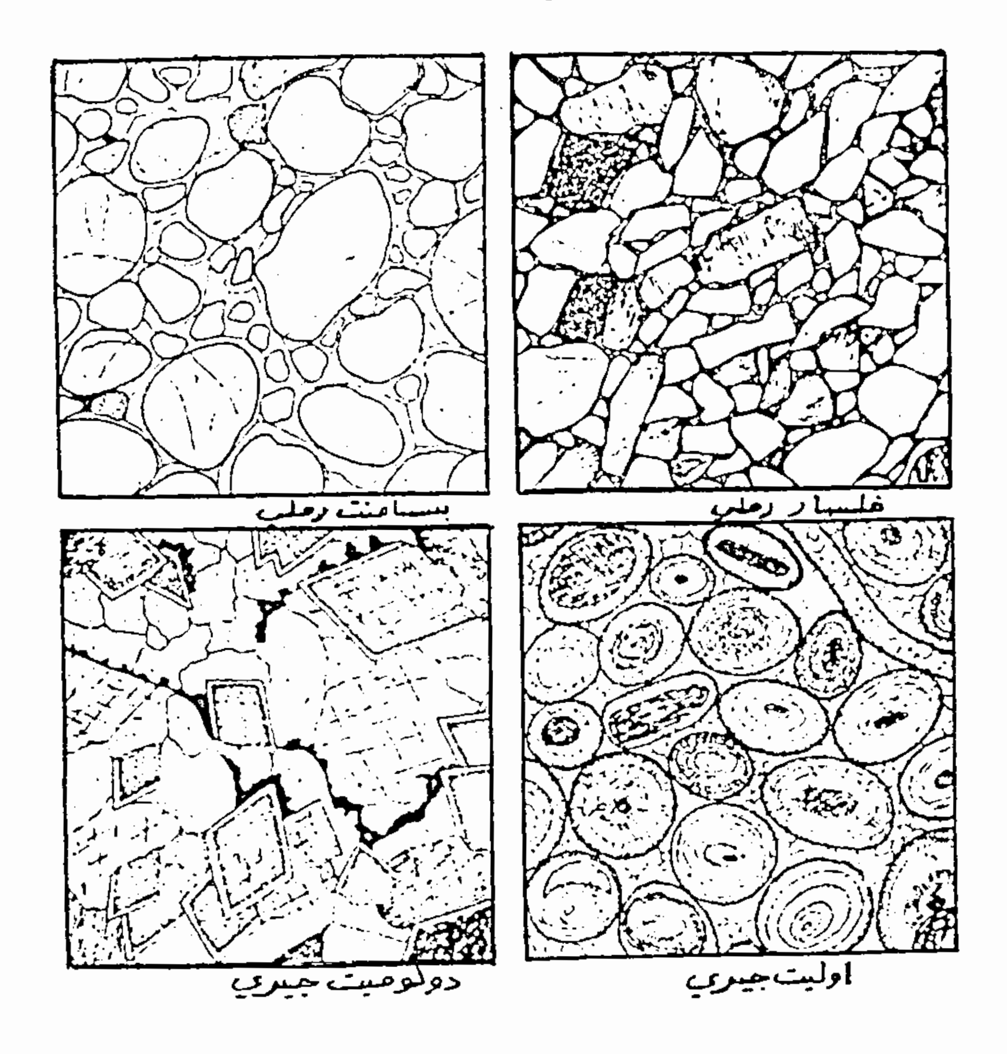
٢ - صخور طباشيرية وهي ناصعة البياض ومصدرها الحيوانات المتكونة من كاربونات الكالسيوم.

٣ - الصخور الفوسفاتية وهي التي تحتوي على نسبة كبيرة من فوسفات الكالسيوم

الناتجة عن تحلل الحيوانات البحرية (٤).

٤ - الفحم الحجري (Coal) وهو من اصل عضوي نباتي وتوجد في مناطق النباتات التي تعرضت الى الطمر والضغط والحرارة فتحولت بعد المرور بمراحل الى الانثراسايت (Anthracite) في المرحلة الاخيرة، وبالنظر لاختلاف انواع الصخور الرسوبية في تركيبها ونسجتها لذلك تظهر في الطبيعة بقطاعات مختلفة. شكل رقم (١٢).

شكل رقم (١٣) مقاطع متنوعة للصخور الرسوبية



٣ - الصخ،و المتحولة (Metamorphic Rocks)

وهي صخور نارية ورسوبية قديمة تعرضت الى عمليات ضغط شديد وحرارة عالية او كليهما فتغيرت خصائصها الكيميائية، وقد تحتفظ تلك الصخور ببعض خصائص الصخور التي تحولت منها. ومن مميزات هذا النوع من الصخور انها تتعرض الى التقشر بسهولة عندما تتعرض الى عمليات التجوية والتعرية. وهي على انواع حسب التكوين والتركيب وكما يأتي :

أ - الصخور المتورقة Foliated Rocks

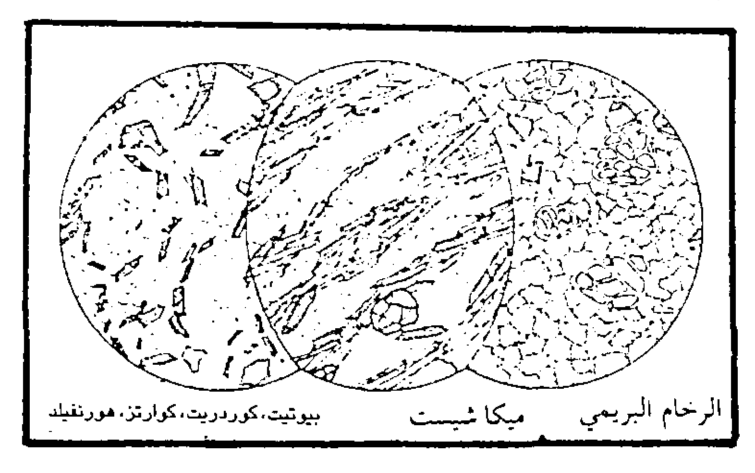
تتميز بعض انواع الصخور المتحولة بانها متورقة وذلك لتعرضها الىٰ الضغط وقليل من الحرارة. وقد تكون سهلة التكسر باتجاه التورق ومن انواعها الاردواز (Slate) والفيلايت (Phyllite) والشيت (Schiste) والنايس (Gneisses) والامفيولايت.

ب - الصخور غير المتورقة Nonfoliated Rocks

وهي صخور صلدة غير متورقة تكونت بفعل الحرارة بصورة اساسية ومن انواعها الهورنفلس (Hornfles(والرخام (Marble) والكوارتزيت(Quartizite) السربتينايت.

جـ - الصخور الكاتاكلاستيكية (Cataclastic Raks)

ويتكون هذا النوع نتيجة للتحول الديناميكي فقط اي بالضغط دون تأثير حراري، وقد تحتوي او لا تحتوي على ظاهرة التورق ، وتسمى تلك الصخور بالمايلونايت (Mylonite) [٥]. وعليه تظهر الصخور المتحولة في الطبيعة بانواع مختلفة وقطاعات متباينة، شكل رقم (١٤).



شكل رقم (١٤)
مقاطع متنوعة
للصخور المتحولة

التحري الموقعي عن الصخور:

ان التحري الموقعي عن الصخور يشمل معرفة انواعها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية وعدد الطبقات الصخرية وطبيعة امتدادها الافقي والرأسي والمائل واتجاه المياه ومقداره، وطبيعة التركيب الطبقي، وتمثيل ذلك بخرائط واشكال توضيحية خاصة بمنطقة الدراسة.

ولذلك يقوم الباحث بما يأتي :

١ - البحث عن مكاشف للطبقات الصخرية مثل سفوح الأودية والاجراف النهرية والبحرية والمناطق المحفورة الى مستويات عميقة فتكون الطبقات الصخرية فيها واضحة او اي منطقة يمكن الاستفادة منها في هذا المجال.

٢ - ازالة الطبقات السطحية التي تكون ذات خصائص تعرضت الى تغيرات لكونها امام تأثير القوى المختلفة، اي يجب كشف الصخور الاصلية المطمورة تحت الطبقة الهشة من التربة والصخور المتفككة والتي تعطي الصورة الحقيقية للتركيب الجيولوجي في تلك المنطقة.

٣ - تحديد عدد الطبقات التي يتضمنها المقطع او المكشف من خلال تعيين اسطح الانفصال التي تقع بين طبقة واخرى، ومن خلال اللون او نوع الترسبات او النسيج.

٤ - اخذ نموذج من كل طبقة لغرض تحليلها والتعرف على التركيب الكيميائي والفيزيائي لتلك الصخور والذي من خلاله يمكن معرفة نوع الصخور. اذ يتم وضع النموذج الخاص بكل طبقة بكيس خاص ويكتب عليه رقم الطبقة حسب تسلسلها من الاعلى او الاسفل.

ان التعرف على خصائص تلك الصخور مهم جداً في مجالات مختلفة من الانشطة التي يمارسها الانسان لما لها من تأثير عليها وهذا ما سيتم تناوله وعليه يتحقق من التحري الموقعي توفير معلومات متنوعة عن الصخور وكالآتي :

ثانياً - الخصائص الكيميائية والفيزيائية :

١ - التركيب المعدني Mineral Composition

تختلف الصخور في تركيبها الكيميائي من نوع لآخر وهذا ما يميزها عن بعضها

البعض، فالصخور النارية تسود فيها المعادن الفلزية وفي الرسوبية معادن لافلزية، ولكل نوع من تلك المعادن خصائص تميزه عن غيره كالكوارتز والكاربونات والكبريتات والسليكات والفلسبار، ويتضح ذلك من خلال تباين تأثير القوى الخارجية من تعرية وتجوية على الصخور، فالصخور النارية اكثر مقاومة من الرسوبية، وحتى في انواع الصخر الواحد هنالك تباين في التأثر فعلى سبيل المثال في الصخور النارية تكون الجرانيتية اكثر صلابة من البازلتية.

وكذلك الحال بالنسبة للصخور الرسوبية بأنواعها المختلفة، فهي اكثر انواع الصخور استجابة لعمليات التعرية والتجوية لانها تتكون من معادن لافلزية كالكبريتات والفوسفات والكاربونات، وخاصة الصخور الجيرية والطباشيرية والملحية.

اما الصخور المتحولة التي مصدرها اما النارية او الرسوبية فهي ذات خصائص جعلتها اكثر تأثراً من النارية واقل من الرسوبية.

ومن الجدير بالذكر ان التأثر بالعوامل المختلفة يكون متبايناً من مكان لآخر حسب البيئة التي توجد فيها تلك الصخور جافة، رطبة، حارة، باردة. وعليه فعند استخدام تلك الصخور في اي مشروع لا بد من التأكد من تركيبها المعدني وطبيعة البيئة التي تستخدم فيها لغرض تحديد مدى استجابتها وتأثرها بالعوامل المختلفة. ويتطلب ذلك الاستعانة بالمختبرات الخاصة بتحليل الصخور لان العملية غير سهلة فقد يستطيع الجيومورفولوجي والجيولوجي التعرف على بعض انواع الصخور ذات الخصائص الواضحة والمتميزة الا انه من الصعب تمييز الصخور ذات التشابه الكبير في المظهر والتباين في التركيب الكيميائي.

٢ – المسامية Porosity

وتعني الفجوات والفراغات التي تتضمنها الصخور والتي تختلف من نوع لآخر، فالصخور النارية اقل مسامية من الرسوبية والمتحولة لانها متكتلة وناتجة عن صهير لم يسمح بوجود المسامات الا على نطاق محدود جداً، في حين تكون الرسوبية طباقية وتكونت بطرق عدة ميكانيكية وكيميائية كان لها الاسهام الفاعل في وجود المسامات في تلك الصخور بشكل متباين من نوع لآخر حسب طريقة تكونها، كما يعتمد ذلك على حجم

الحبيبات وشكلها وترتيبها والمادة اللاصقة، والمفاصل التي تفصل بين طبقة واخرى، فضلاً عن الشقوق والكسور التي تتخلل تلك الطبقات. وتزداد المسامية في الصخور ذات الحبيبات المتجانسة، وتقل في الصخور ذات الحبيبات المختلفة. وعلى العموم يوجد نوعان من المسامات في الصخور هي :

أ - مسامات بين حبيبات الصخور وتختلف احجامها من نوع لآخر من الصخور، اذ تكون صغيرة جداً وقليلة في الصخور الطينية والطفل والاردواز، في حين تكون المسامات كبيرة في الحصى والرمل.

ب - مسامات كتلية، وهي التي توجد بين كتل الصخور الكبيرة مثل الشقوق والمفاصل والفراغات الموجودة بين الطبقات والتي تزداد سعة بواسطة الاذابة، كما تصنف المسامية في بعض الاحيان الى اصلية وثانوية [٦].

وتقاس المسامية بالنسبة المئوية، اي نسبة حجم المسامات الى الحجم الكلي للصخرة وجسب القانون الآتي :

$$P = \frac{W}{V} \times 100$$

W حجم الماء اللازم لملئ الفراغات

V حجم الصخرة

ويمكن الحصول على قيمة (W) من خلال وزن الصخرة جافة ومشبعة بالماء، فالفرق في الوزن يمثل حجم الماء اللازم لملئ الفراغات.

٣ - النفاذية Permeability

وتعني النفاذية حركة المياه خلال التكوينات الصخرية، وهذه الخاصية تختلف من نوع لآخر ولا تعني ان الصخور المسامية نفاذية بل توجد بعض الصخور ذات مسامية ولكن قليلة النفاذية مثل الحجر الطيني وذلك لعدم اتصال المسامات ببعضها ولذلك لا تسمح للماء بالتحرك خلالها. في حين تكون الصخور الجيرية عالية المسامية والنفاذية. وتقاس النفاذية بواسطةمرور السوائل في الطبقة الصخرية فكلما كانت المياه سريعة المرور تدل على النفاذية الجيدة. ولغرض قياس النفاذية يستخدم قانون دارسي

$$k = \frac{Q \times h}{A \times L}$$

k : معامل النفاذية (سم / ثانيه)

Q : حجم السائل المار خلال وحدة زمنية (سم^3 / ثانية)

h : الفرق الرأسي في عمود الماء.

A : مساحة النموذج (سم^2)

L : طول النموذج (سم)

وقد اثبتت التجارب والقياسات الحقلية على التراكيب الصخرية ان النفاذية تقل بزيادة عمق الطبقات الصخرية وذلك لقلة المسامات وزيادة التماسك في تلك الطبقات بسبب الضغط الواقع على الأجزاء السفلى من الكتل الصخرية (٧).

ثالثاً - التراكيب الصخرية :

تحتوي الصخور بأنواعها تراكيب متنوعة وتعد مؤشراً على مدى ضعف وقوة الصخور، وهناك نوعان من التراكيب هي :

التراكيب الأولية : وتوجد في الصخور النارية والرسوبية والمتداخلة وكما يأتي :

أ - التراكيب الأولية في الصخور النارية :

تغطي الحمم البركانية المتدفقة من باطن الارض مساحات شاسعة من المناطق التي تنساب نحوها وتتخذ اشكالا متنوعة تعتمد على درجة لزوجتها وتركيبها الكيميائي ودرجة حرارة الصهير، فعلى سبيل المثال، الحمم القاعدية كالبازلت ذات لزوجة منخفضة، لذا تنساب لمسافات بعيدة، اما الحامضية الجرانيتية فذات لزوجة عالية فتتراكم حول فوهات البراكين التي تندفع منها مكونة كتلاً صلبة ذات جوانب شديدة الانحدار، وعليه تتخذ الصخور النارية تراكيب متنوعة وكما يأتي :

١ - التركيب الفجوي واللوزي :

تحتوي معظم الحمم البركانية على نسبة كبيرة من الغازات التي تطلق نتيجة لانخفاض الضغط المسلط عليها عند خروج الصهير فوق سطح الارض فينشأ عن خروج تلك الغازات تمدد الصهير فتتكون فجوات كروية او بيضوية او اسطوانية او غير منتظمة.

وقد يحدث تمدد شديد للحمم فتتكون كتل رغوية ينتج عنها صخور قليلة الكثافة خفيفة الوزن تعرف بالحجر الخفاف، وقد يتركز وجود الفجوات المختلفة على نطاق واسع في بعض الحمم عند القاع بسبب خروج الغازات من باطن الارض التي تمتد فوقها تلك الحمم لوجود شقوق وثقوب تساعد على خروج تلك الغازات، وقد تمتلىء تلك الفجوات التي تتضمنها الصخور بالمياه الساخنة التي تحمل بعض المواد بشكل ذائب او عالق فتترسب تلك المواد في الفجوات وهي ذات الوان متميزة عن التركيب العام للصخور التي تتضمنها، مثل صخر البازلت الاسود الذي يحتوي على فجوات ملونة ولهذا تعرف باللوز او التركيب اللوزي، وتمثل تلك الفجوات نقاط ضعف في الصخور لانها غير متجانسة وتتعرض لعمليات التجوية والتعرية بسهولة (٨).

٢ - الحمم الكتلية والحبلية :

تتخذ الحمم البركانية شكلين مختلفين الاول عندما تكون عالية اللزوجة فتتراكم فوق بعضها او تندفع العليا فوق السفلى جانباً فتتحول الى كتل خشنة غير منتظمة وذات ابعاد متباينة، اما الشكل الثاني فعندما تكون الحمم اقل لزوجة تنساب وتغطي مساحة واسعة وتكون اكثر نعومة وانتظاماً من النوع السابق واكثر لمعاناً وحبلية الشكل وسطحا قبابي الشكل وعلى ارتفاعات منخفضة يصل قطرها عدة امتار، ويوجد هذا النوع في الصخور البازلية.

٣ - تراكيب الحمم الوسادية :

يسود هذا النوع من التراكيب في الحمم البازلتية التي تنساب بسهولة وتتبرد ببطىء فتصبح اكثر لزوجة عندما تقترب من التصلب فتتحول الى كتل صغيرة وسادية الشكل اما ان تكون لها قشرة او غطاء زجاجي رقيق.

٤ = التراكيب الانسيابية :

تختلف الحمم البركانية المندفعة من باطن الارض في تركيبها الكيميائي وما تحتويه من غازات وفي لزوجتها ودرجة حرارة تبلورها، وتنعكس اثار ذلك على التركيب اذ تظهر عدة تراكيب انسيابية منها ما هو على شكل طبقات متبادلة او متداخلة متميزة في تركيبها الكيميائي او النسيج او كليهما، وعلى العموم هنالك نوعان من التراكيب الانسيابية هما :

أ – التركيب الانسيابي المسطح :

ويتكون هذا النوع نتيجة للترتيب المتوازي او شبه المتوازي لمعادن مسطحة او قرصية الشكل مثل رقائق المايكا او مواد مغزلية الشكل، وينشأ هذا النوع غالباً نتيجة لاختلافات طفيفة في درجة لزوجة وتركيب الحمم البركانية المعدني.

ب – التركيب الانسياب الخطي :

ينشأ هذا النوع نتيجة للترتيب المتوازي وشبه المتوازي لمعادن ابرية او منشورية او مغزلية الشكل، اي تكون على شكل امتداد افقي خطي الشكل، وقد يوجد النوعان السابقان في نفس النوعية من الصخور (٩).

ب – التراكيب الاولية في الصخور الرسوبية :

تظهر التراكيب الاولية في الصخور الرسوبية بشكل واضح ومتميز اكثر مما في الصخور النارية والمتحولة، اذ تتضمن تراكيب عدة وكما يأتي :

١ – التطبيق والترقق Stratifcotion and Lamination

تعد الصخور الرسوبية ذات تغيرات رأسية في المظهر لانها تتكون من طبقات متميزة وترى بالعين المجردة، وكل طبقة ذات مستويين متميزين علوي وسفلي ويتراوح سمكها ما بين ١ سم وعدة امتار، اي تكون الصخور الرسوبية على شكل طبقات تختلف عن بعضها في اللون والنسيج وحجم الحبيبات والتركيب المعدني. فكل طبقة تكونت في ظروف معينة جعلتها متميزة عن غيرها من الطبقات التي تقع فوقها او تحتها وعلى العموم يوجد نوعان من التطابق هما :

أ – تطبيق مباشر او اساسي :

ينشأ هذا النوع عند ترسيب الطبقات منذ البداية. اي توجد مع تكون الطبقات.

ب – تطبيق غير مباشر او ثانوي :

ويتكون هذا النوع عندما تتعرض الرواسب الى التعرية والتجوية تحت ظروف معينة وتنقل الى اماكن اخرى فتكون طبقة جديدة تختلف في وضعها عما كانت عليه في السابق.

اما الترقق فيعني احتواء بعض الطبقات الصخرية تكوينات معدنية على شكل صفائح رقيقة لا يزيد سمكها عن بضعة مليمترات. وفي مثل تلك التراكيب يصعب تميز حجم

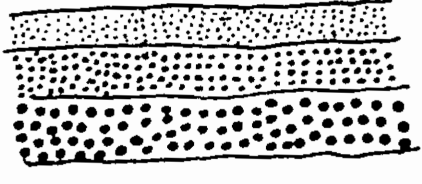
الحبيبات المكونة لتلك الصحور بالعين المجردة [١٠].

٢ - التطبيق المتدرج Graded Beding

يظهر هذا النوع في الصخور ذات الحبيبات المختلفة الحجم مثل الحصى والرمل والطين فتكون الطبقات بشكل متدرج، الخشنة الى الاسفل وتليها متوسطة الحجم ثم الناعمة، فتظهر طبقات متميزة في النسيج وبشكل متدرج حسب حجم الحبيبات، وقد تتكرر الحالة في الطبقات الاخرى اللاحقة، وقد تكون تلك الطبقات غير سميكة وتتراوح ما بين ١ سم وبضع سنتمترات [١١]. شكل رقم (١٥).

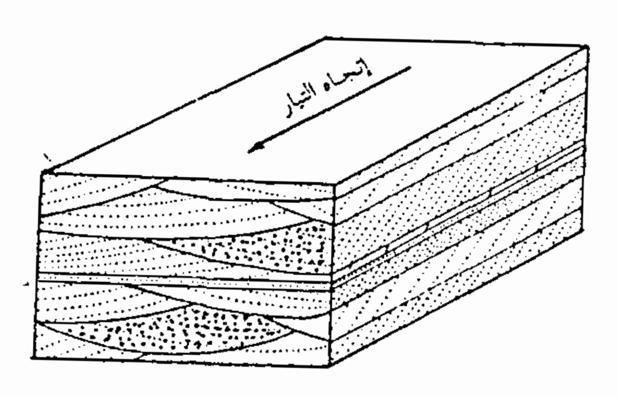
٣ - التطبيق المتقطع Cross - bedding

يحدث في بعض التراكيب الصخرية تطبيق غير موازي لمستوى الترسيب ويكون بشكل مائل ويعود ذلك الى طبيعة تكوينها. حيث لا يكون الترسيب على وتيرة واحدة وانما بشكل متقطع وعليه تظهر الطبقات متقطعة وغير متصلة ويفصل بينها اسطح انفصال رغم انها تظهر بمستوى افقي واحد لذلك لا يعبر شكلها الخارجي عن طبيعة امتدادها ولهذا يسمى احياناً بالكاذب، ويظهر ذلك في الطبقات التي تكونت بفعل تيارات مائية مختلفة السرعة رالاتجاه [١٢].



شكل رقم (١٥) التطبيق المتدرج

وقد تكون تلك الطبقات غير متشابهة في تكوينها بسبب سرعة التيار ومن ثم تغير الرواسب التي يجلبها فاذا كان سريعاً يستطيع حمل ترسبات خشنة فتكون الطبقة الناتجة عن هذا الترسيب ذات تكوينات متنوعة وواضحة، اما اذا كانت السرعة بطيئة فلا يستطيع جلب الخشنة ويقتصر على الناعمة وبذلك تكون الطبقة متميزة عن التي قبلها، وهذا يقلل من تماسك تلك الطبقات فتكون ضعيفة ولهذا تكون مثل تلك الصخور قليلة الصلابة وتتأثر



شكل رقم (١٦) التطبيق المتقطع

بالتعرية والتجوية بسرعة. شكل رقم (١٦) التطبيق المتقطع.

٤ - التوافق وعدم التوافق Conformity amd un Conformity

توجد الصخور الرسربية في الطبيعة على شكل طبقات متباينة في السمك والتكوين وتمتد بشكل افقي وموازية لبعضها البعض ويسودها نوع من الانتظام، الا ان تعرض بعض الطبقات الى حركات تكتونية اثر على امتداد تلك الطبقات فعملت على التواء الطبقات الحديثة التكوين وانكسار الطبقات القديمة التكوين، فأدى ذلك الى تغيير وضعها الأفقي السابق واصبحت عرضة لعمليات التعرية والتجوية اكثر من السابق، كما تعرض لعمليات ترسيب لاحقة لهذا ظهرت بأوضاع واشكال مختلفة عن السابق وتكونت حالات عدم توافق بأشكال عدة منها ما يأتي :

أ - عدم توافق زاوي :

يتكون عند تعرض الطبقات الصخرية الى النشاط التكتوني قبل ترسيب الطبقات العليا فيؤدي الى ميل الطبقات السفلى التي تعرضت الى النشاط التكتوني في حين تمتد العليا الغير متأثرة بشكل افقي فيكون عدم توافق الطبقتين، ويسمى عدم توافق زاوي او زاوٍ. شكل رقم (١٧ أ).

ب - عدم توافق تخالفي :

وهو ناتج عن ترسب الصخور الرسوبية فوق النارية او المتحولة فتتكون اسطح عدم توافق بين نوعي الصخور، ويسمى لا توافق تخالفي، شكل رقم (١٧ ب).

جـ - عدم توافق انقطاعي :

ويتكون بين طبقتين صخريتين من نفس النوع ولهما نفس الخصائص من حيث الميل والتكوين الا انهما ما تكونا بشكل متقطع بحيث تكونت الطبقة القديمة وبعد فترة من الزمن تكونت الحديثة فوقها بعد ان تعرضت الاولى الى عمليات تجوية وتعرية، لهذا لا تظهر متماسكة مع الحديثة، ولذلك يسمى لا توافق انقطاعي، شكل رقم (١٧ جـ).

د - عدم توافق غير واضح :

ويظهر هذا النوع في التراكيب التي تحتوي طبقات محدودة السمك والمساحة كما انها مختلفة في النوع فتتكون اسطح عدم توافق موازية للامتداد الأفقي، مثل وجود طبقة

من الصخور الرسوبية ضمن طبقة اخرى، ومثل هذا النوع لا يمكن تميزه بسهولة بل يحتاج الى دقة لان الطبقة الدخيلة غير واضحة المعالم (١٣). شكل رقم (١٧ د).

هـ - عدم توافق متموج :

يتكون هذا النوع من التراكيب في الطبقات الحديثة التكوين التي تعرضت الى حركات تكتونية عملت على التوائها ثم تعرضت الى التعرية لفترة طويلة من الزمن فعملت على تآكل التكوينات السطحية الضعيفة وبقيت التكوينات الصلبة بارزة كما تعرضت الاجزاء المحدبة من الالتواء الى التعرية فيتكون سطح مموج، وبعد فترة زمنية طويلة يتعرض الى الترسيب مرة اخرى فتتكون طبقات حديثة مختلفة في الامتداد ونوع الرواسب عن السابقة فتظهر حالة عدم التوافق واضحة ومتميزة في هذا النوع. شكل رقم (١٧ هـ).

و - عدم التوافق الانكساري :

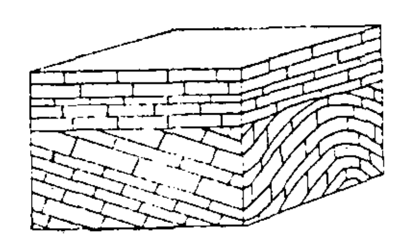
ويظهر هذا النوع في الطبقات القديمة التكوين التي تعرضت الى حركات تكتونية أدت الى انكسار تلك الطبقات فاتخذت وضعاً مائلاً عن الوضع الأفقي، وقد تتعرض الى عمليات التعرية وبعد فترة من الزمن تحدث عمليات ترسيب فوق تلك المنطقة فاتخذت الترسبات الجديدة وضعاً غير متوافق مع الوضع السابق من حيث الامتداد ونوع الرواسب. ويُعد هذا النوع من اكثر التراكيب وضوحاً. كما انه ذو اهمية كبيرة في تجمع المعادن والمياه والنفط. كما انها ذو مخاطر على المشاريع الهندسية التي تنفذ فوق مثل تلك التراكيب. شكل رقم (١٧ و).

٥ - العقد والفجوات الصخرية

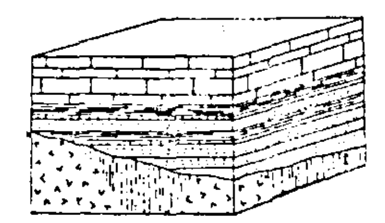
تتضمن بعض طبقات الصخور الرسربية عقد مختلفة الاشكال وتكون بشكل مبعثر ضمن التكوين الصخري للطبقة الواحدة، اذ تكون تلك العقد والفجوات ذات تركيب كيميائي مختلف عن التركيب الصخري الذي يتضمنها، وقد يكون بعضها على شكل عقد خطية الشكل ومتقطعة وبشكل موازٍ للامتداد العام للطبقات وتحتل بعض الاجزاء من الفواصل التي تمتد بين الطبقات، وقد يتكون بعضها نتيجة لتسرب مياه معدنية داخل الطبقات الصخرية فتتكون بؤر لتجمع بقايا نباتية وحيوانية ومعدنية في تلك الفجوات التي تتخذ اشكالاً مختلفة مستطيلة او كروية او بيضوية او غير منتظمة (١٤).

شكل رقم (١٧) انـواع عـدم التـوافق

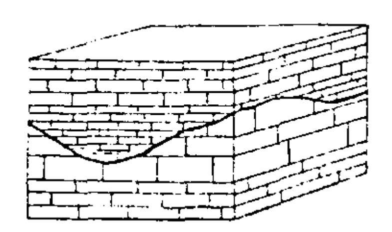
أ - عـدم توافق زاوي



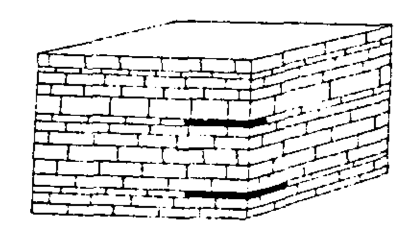
ب - عـدم توافق تخـالفي



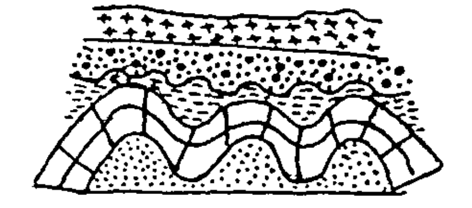
جـ - عـدم توافق انقطاعي



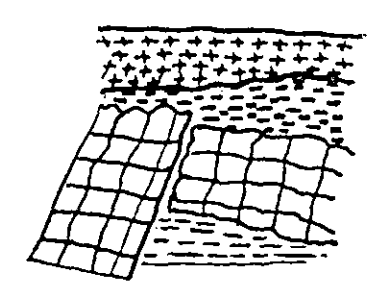
د - عـدم توافق غير واضح



هـ - عـدم توافق متموج



و - عـدم توافق انكساري



جـ - التراكيب الأولية في الصخور المتداخلة :

يظهر هذا النوع من التراكيب في الصخور الباطنية التي تتداخل في امتدادها مع الصخور النارية والتي تعمل تغيراً في خصائص تلك الصخور التي تندفع خلالها وتستقر بين طبقاتها فتؤدي إلى تغيير خصائصها الكيمائية والفيزيائية بواسطة عملية الإحلال المتبادل بين التكوينات الجديدة والقديمة، فتتحول الصخور القديمة إلى نوع آخر نتيجة للحرارة العالية.

وقد يترتب على ذلك تفاوت حجم الحبيبات التي تتكون منها الطبقات الصخرية فبعضها ذات حبيبات خشنة وأخرى ذات حبيبات ناعمة. ويعتمد ذلك على حجم الكتل المتداخلة، فالناعمة توجد في الصخور ذات التداخلات الصغيرة أما الخشنة فتوجد في الصخور ذات التداخلات الكبيرة، وذلك لتوفر غازات أثناء عملية التبلور التي تحدث ببطء شديد. كما تكون الصخور المتداخلة كتلية الشكل ولا يظهر فيها ترتيب المعادن المكونة لها في اتجاه معين. في حين يظهر الترتيب في بعض الصخور بشكل متورق نتيجة للترتيب المتوازي للمعادن المفلطحة إذ يظهر التورق الأولي أثناء التبلور، أما الثانوي فيظهر في الصخور الصلبة عند تعرضها للضغوط الشديدة. شكل رقم (١٨) يوضح طبيعة ترتيب المعادن، وقد يوجد في الطبقات الصخرية تورق موروث وهو من بقايا صخور متحولة قديمة، مثل صخور الشست المتأثرة بعمليات الإحلال المتبادل.

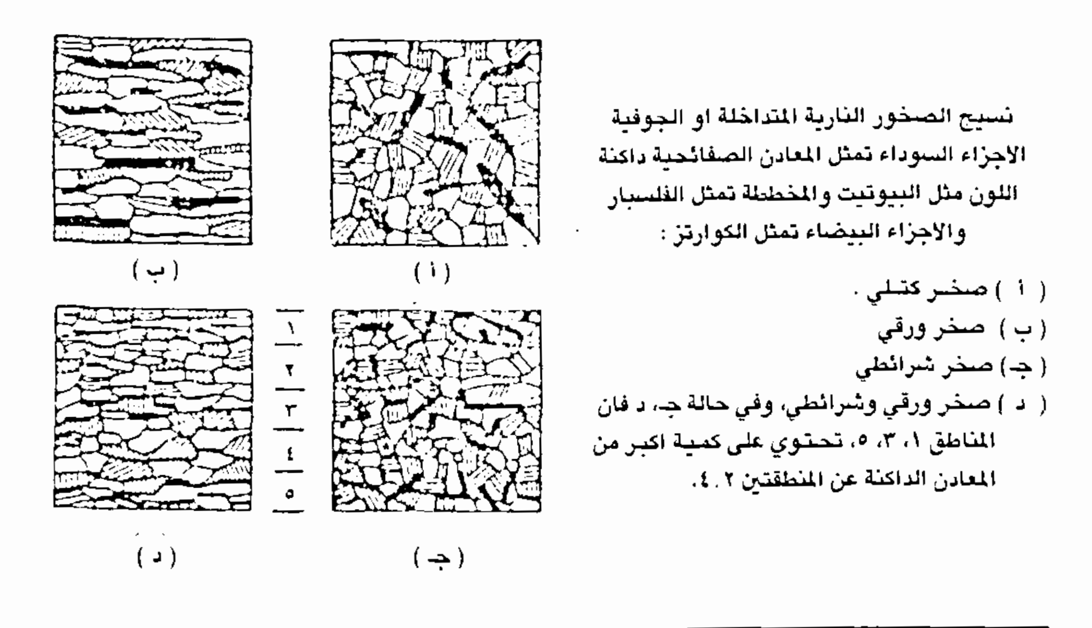
ومن الجدير بالذكر أن الصخور القديمة والحديثة قد تكون متطابقة أو متوافقة في امتدادها إذ تظهر الحدود الفاصلة بينهما موازية لمستويات التطابق في الصخور القديمة. شكل رقم (١٩ - أ) . أما إذا كانت الصخور النارية الجديدة ممتدة بشكل يتقاطع مع مستويات التطبيق في الصخور القديمة فيكون غير متوافق. شكل رقم (١٩ - ب).

٢ - التراكيب الثانوية :

أ - الفواصل Joints

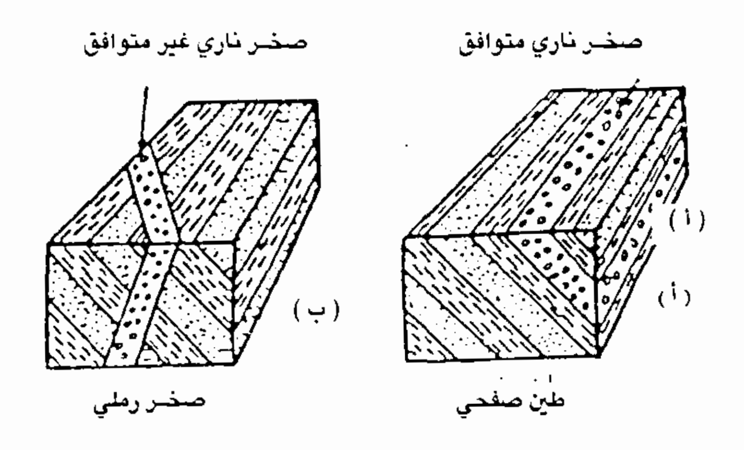
وهي مستويات أو أسطح انفصال توجد في جميع أنواع الصخور، وقد تكون على شكل شقوق كثيرة ضمن الكتل الصخرية إلا أنها لا تؤدي إلى تحرك الأجزاء التي تفصل

شكل رقم (١٨) المعـادن المتـورقة



د . محمود توفيق سالم، اساسيات الجيولوجيا الهندسية، ص ٦١

شكل رقم (١٩) توافق وعدم توافق الصخور القديمة والحديثة



د . محمود توفيق سالم، اساسيات الجيولوجيا الهندسية، ص ٦٣

بينهـا، وتظهـر الفـواصل على نطاق واسع في الصـخـور الرسـوبيـة وتكون في اتجـاهين متعامدين أي رأسي وأفقي، وقد لا تتجاوز المسافة بين فاصل وآخرعدة سنتمترات وفي بعضها تصل إلى عدة أمتار، أي أنها تكون متباينة من نوع لآخر من الصخور إلا أنه أكثر وضوحاً في الصخور الجيرية، كما توجد في الصخور النارية مثل الجرانيتية كما أنها تكون بمستويات مختلفة رأسية وأفقية ومتقاربة ومتباعدة فينتج عنها انفصال كتل مختلفة الحجوم عند تعرضها إلى قوى مؤثرة عليها وتؤدي إلى انفصال تلك الكتل عن بعضها وفق الفواصل التي تتضمنها تلك الصخور.

وقد تكون مستويات الانفصال مجعدة أو متموجة ويعود ذلك أما إلى انكماش الصهير بعد تبرده أو نتيجة لتعرضها إلى حركات أرضية. كما تظهر التموجات على أسطح بعض الطبقات الصخرية الرسوبية وتكون منتظمة الأشكال ، وتظهر في المناطق التي تعرضت إلى حركات المد والجزر أو المناطق الرملية التي تعرضت إلى رياح حركتها بشكل عمل على تجمعها بشكل متموج وبمرور الزمن وتحت تأثير عوامل مختلفة تماسكت وتصلبت بحيث حافظت على شكلها خاصة بعد أن ترسبت طبقات فوقها تختلف عنها في الرواسب فتبقى أسطح الانفصال واضحة بين الترسبات القديمة والجديدة وبشكل متموج.وتساعد تلك الفواصل على تنشيط عمليات التعرية والتجوية وتعد مراكز ضعف في التكوينات الصخرية.

ب - الثنيات أو الطيات Folds

وهي ناتجة عن حركات أرضية أدت إلى طي أو ثني الطبقات الصخرية خاصة إذا كانت الحركات بطيئة والترسبات حديثة التكوين وقليلة الصلابة، فتتحول إلى ثنيات محدبة.(anticline) او مقعرة (synicline) وقد تكون الطيات على أنواع مثل النائمة والمقلوبة والقبابية والمتماثلة وأحادية الميل(١٥).

جـ- الفوالق أو الصدوع Faults

تظهر الفوالق في الطبقات الصخرية التي تتعرض لعمليات مختلفة كالحركات التكونية والزلازل والبراكين والتي ينتج عنها حركة الطبقات المنكسرة عن بعضها رأسياً أو أفقياً،

وتنعكس آثار ذلك على سطح الأرض فتتكون أشكال جديدة تختلف عن القائمة. وقد لا تظهر على السطح بل يكون الانكسار في الطبقات التحت سطحية ويمتد لمسافة طويلة ويطلق عليها جيولوجياً الظواهر الخطية، ولهذه الظاهرة فوائد ومخاطر. فمن فوائدها أنها مكمن لموارد عدة من المعادن والنفط والقار والمياه الجوفية إذ تظهر العيون على طول امتدادها. ويظهر ذلك واضحاً في عدد من الفوالق في العراق التي أسهمت في نقل المواد السائلة من مكان لآخر مثل فالق أبو القير ـ هيت الذي يمتد لمسافة ٧٠ كم والذي ينتقل عبره القار من وادي القار، إلى هيت أي من بدايته إلى نهايته، كما ينتشر في نهايته عدد كبير من العيون المعدنية.

أما المشاكل المترتبة على تلك الفوالق فإنها تمثل مناطق ضعف وعدم استقرار وإنها تحت تأثير نشاط تكتوني فتنعكس آثارها على المشاريع التي تقام قرب أو فوق تلك المناطق. كما أنها أسهمت في رفع مناسيب المياه الجوفية في نهاياتها التي انعكست آثارها على النشاط البشري في تلك الأماكن وهذا ما عانت منه مدينة هيت التي تقع عند نهاية أحد الفوالق، إذ كان لذلك تأثير على العمران والزراعة.

عناصر الضعف في الصخور:

تختلف الصخور عن بعضها في عناصر الضعف والقوة التي تتضمنها ولذلك تتباين في استجابتها لعوامل التعرية والتجوية والحركات الأرضية. إذ تؤثر في تلك الصخور عوامل داخلية وخارجية، الداخلية تعود إلى التركيب المعدني للصخور ونسيجها وطبيعة امتدادها. كما تمثل أسطح الانفصال والمسامية العالية مكامن ضعف في الصخور حيث تسمح بتسرب المياه إلى داخل الطبقات الصخرية، التي تؤدي بمرور الزمن إلى تشوه صفاتها وأضعاف قوتها.

أما الخارجية فتعود إلى البيئة التي توجد فيها الصخور إذا كانت رطبة، جافة، حارة، باردة، فلكل بيئة تأثير متميز عن غيرها وبدرجات متفاوتة[١٦].

والصخور تختلف عن بعضها من حيث النظام المفصلي والبنية وميل الطبقات وهذا ما يجعل الاستجابة لعمليات التعرية والتجوية متباينة من نوع لآخر. وقد تكون المفاصل والشقوق منتظمة أو غير منتظمة والتي تعود في نشأتها إلى عدة عوامل مثل تبرد الصخور

بعد تكونها أو تعرضها إلى ضغط ناتج عن حركات تكتونية مثل الشد الذي يصيب القمة المحدبة من الألتواء والضغط الذي تتعرض له الثنية المقعرة. وقد تكون تلك الشقوق قريبة من سطح الأرض أي توجد في السطح الخارجي من الصخور وبعضها متصلاً والبعض الآخر غير متصل أي لا تتقاطع مع بعضها. وقد تؤدي الحركات التكتونية إلى زيادة حجم التضاريس من خلال رفع مناطق وهبوط مناطق أخرى وهذا ما يتوقف عليه عمل التعرية إذ تتركز في المناطق المرتفعة وتقل في المناطق المنخفضة. وقد أكد الجيومورفولوجيون مثل ديفز وبينك ان الأشكال الأرضية تتطور وتتنوع نتيجة لتفاعل القوى الباطنية والخارجية، حيث يزداد التضرس في المناطق التي تكون فيها قوى الرفع تفوق قوى التعرية وبالعكس(١٧) وعلى العموم يمكن تمييز نوعين من عوامل الضعف الصخري هي :

١ - عوامل ضعف نوعي:

وتعود إلى نشأة الصخور وظروف تكوينها ويرتبط ذلك بالتركيب الكيميائي للصخور وخصائصها الفيزيائية كالنسيج والمسامية والنفاذية والمادة اللاصقة ولون الصخور وطبيعة بنائها الطبقي ونظامها المفصلي.

٢ - عوامل ضعف مكتسبة :

وهي ناتجة عن أثر البيئة التي توجد فيها تلك الصخور عند التكوين أو بعده وما ينتج عنه من شقوق وصدوع وميل الطبقات وانقطاعها وارتفاعها وهبوطها نتيجة للحركات التكتونية وتأثير المناخ والمياه الجوفية والجارية(١٨).

حماية الصخور من التعرية والتجوية:

تتعرض الصخور إلى عوامل التعرية والتجوية التي تعمل على تشوه شكلها والتقليل من قوتها ويظهر ذلك بشكل واضح عند استخدامها في واجهات الأبنية وخاصة عندما تتعرض إلى الأمطار الحامضية أو لعناصر المناخ المختلفة التأثير على تلك الصخور. لذا يجب حماية تلك الصخور من التأثير وذلك بتجفيفها وتنعيم سطحها حتى لا تتجمع فوقها مياه الأمطار وعدم السماح لها بالتسرب إلى داخلها، كما لا تسمح للرياح والحرارة بالتأثير فيها، وكذلك من خلال طليها بزيت بذر الكتان المغلي مرتين أو ثلاث ومن ثم طليها

بدهان النشادر المخفف بالماء الدافىء لمنع التبقع من أثر الزيت، ويستخدم في بعض الأحيان شمع البرافين في محلول متطاير لتغطية سطح الصخرة. وفي الظروف المناخية القاسية يمكن إعادة طليها بشكل مستمر[١٩].

رابعاً: التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية :

يعد التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية ذا أهمية كبيرة في دراسة الصخور ومعرفة كيفية وجودها في الطبيعة رأسياً وأفقياً وكما يأتي:

١ - مقاطع رأسية للطبقات الصخرية :

توضح المقاطع الرأسية بنية الطبقات وترتيبها وسمكها ويكون ذلك من خلال الدراسة الميدانية ووفق مقياس رسم معين يتم اختياره بما يتناسب وسمك الطبقات، كما يجري تمثيل الطبقات برموز كل واحد منها يعبر عن طبقة معينة، وتوجد بعض الرموز المتفق عليها في جميع الدراسات الجيولوجية. أو قد يختارها الباحث ويوضح في دليل الخريطة ما يدل عليه كل رمز. وعليه يتطلب رسم المقطع الخطوات الآتية:

أ - قياس ارتفاع المقطع عموماً من الأعلى إلى الأسفل.

ب - قياس سمك كل طبقة على حدة مع تحديد اسم صخور تلك الطبقة.

جـ - اختيار الرمز المناسب لكل نوع من الصخور.

د - اختيار مقياس رسم ملائم للإرتفاع العام للمقطع وارتفاع كل طبقة.

هـ - يتم رسم المقطع بعد توفير تلك المعلومات.

مثال: ارسم مقطعاً طولياً لمكشف صخري متعدد الطبقات ومتباينة السمك وهي من الأعلى إلى الأسفل كما يأتي :

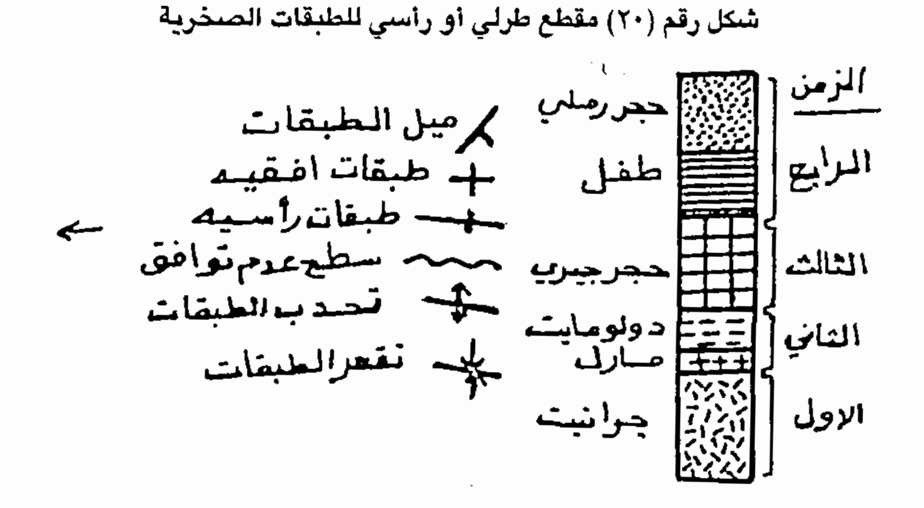
حجر رملي ٢م، طفل ١.٥م حجر جيري ٢.٥م، دولومايت ١م، مارل ٠.٥م صخور نارية ٣م.

مجموع ارتفاع الطبقات الصخرية في المقطع ١٠.٥م، ولأن السمك قليل يمكن أن يكون مقياس الرسم ١سم =١م أو ١سم=٢م حسب اختيار الباحث ومن المثال السابق يكون

المقطع كما في اشكل رقم (٢٠) ويتضمن المقطع رمز اتجاه الميل والزمن الذي تكونت فيه كل طبقة، ورموز تدل على نوع الطيات محدبة أو مقعرة.

ومن الجدير بالذكر أن في حالة عدم توفر مكاشف يتم الاعتماد على طرق البحث الجيولوجي مثل حفر مقطع أو استخدام الطرق الجيوفيزيائية كتردد الصوت أو إمرار لتيار كهربائي خلال الطبقات الصخرية وغيرها من الطرق الأخرى.

شكل رقم (٢٠) مقطع طرلي أو رأسي للطبقات الصخرية



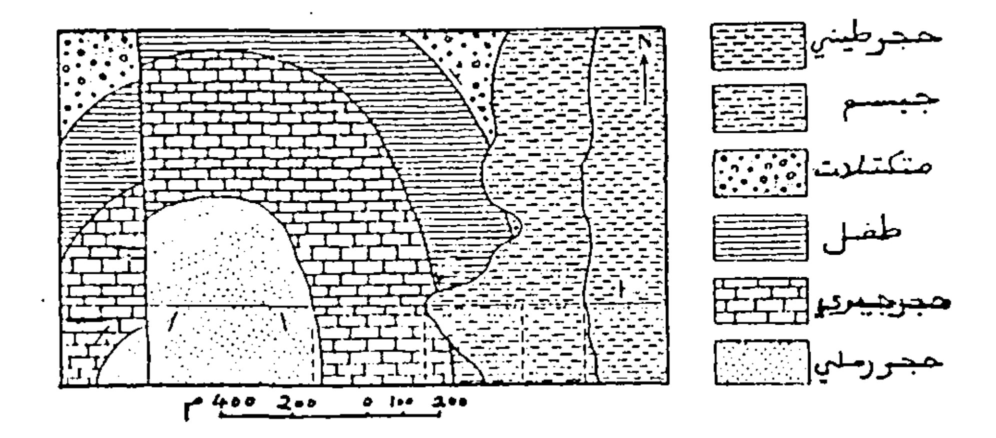
٢ - خرائط ومقاطع الامتداد الأفقي للطبقات :

توجد الصخور على شكل طبقات وخاصة الرسوبية التي تعد من أكثر الصخور انتشاراً، أما الصخور النارية فتظهر على شكل كتل، وفي كل الأحوال يمكن تمثل هذا الامتداد على شكل مقاطع وخرائط وكما يأتي :

أ - خريطة جيولوجية للطبقة العليا أو السطحية :

تقتصر هذه الخريطة على إظهار نوع التكوينات السطحية في منطقة الدراسة فمن خلال الدراسة الميدانية يتم تحديد نوع الصخور ومواضع انتشارها وعمقها ويثبت ذلك على الخريطة الخاصة بمنطقة الدراسة، ومن خلال استخدام رموز لكل نوع من تلك الصخور خريطة رقم (٢).

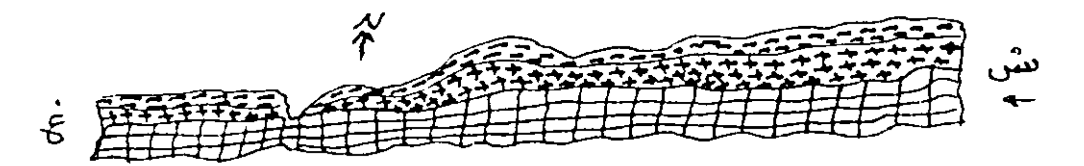
خريطة رقم (٢) جيولوجية الطبقات العليا او السطحية



ب - مقطع عرضي للأمتداد الأفقي :

يوضح المقطع العرضي طبيعة امتداد الطبقات الصخرية في المكان الذي يجري البحث فيه. ولا يشمل جميع المنطقة بل الامتداد العام من جهة لأخرى من الشمال إلى الجنوب أو من الشرق إلى الغرب أي يكون على نطاق ضيق وبقدر ما يتعلق بإقامة مشروع معين يحتاج إلى معرفة الوضع الجيولوجي في ذلك المكان. شكل رقم (٢١).

شكل رقم (٢١) امتداد الطبقات الصخرية الافقي في منطقة الدراسة



جـ - خرائط كنتورية للامتداد الأفقي:

تستخدم الخرائط الكنتورية في تمثيل الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية في حالة توافق امتداد الطبقات بشكل منتظم ومواز للخطوط الكنتورية التي تقع عند مستواها حدود الطبقات. وعليه يجب توفير خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة لتعيين حدود كل طبقة بالنسبة

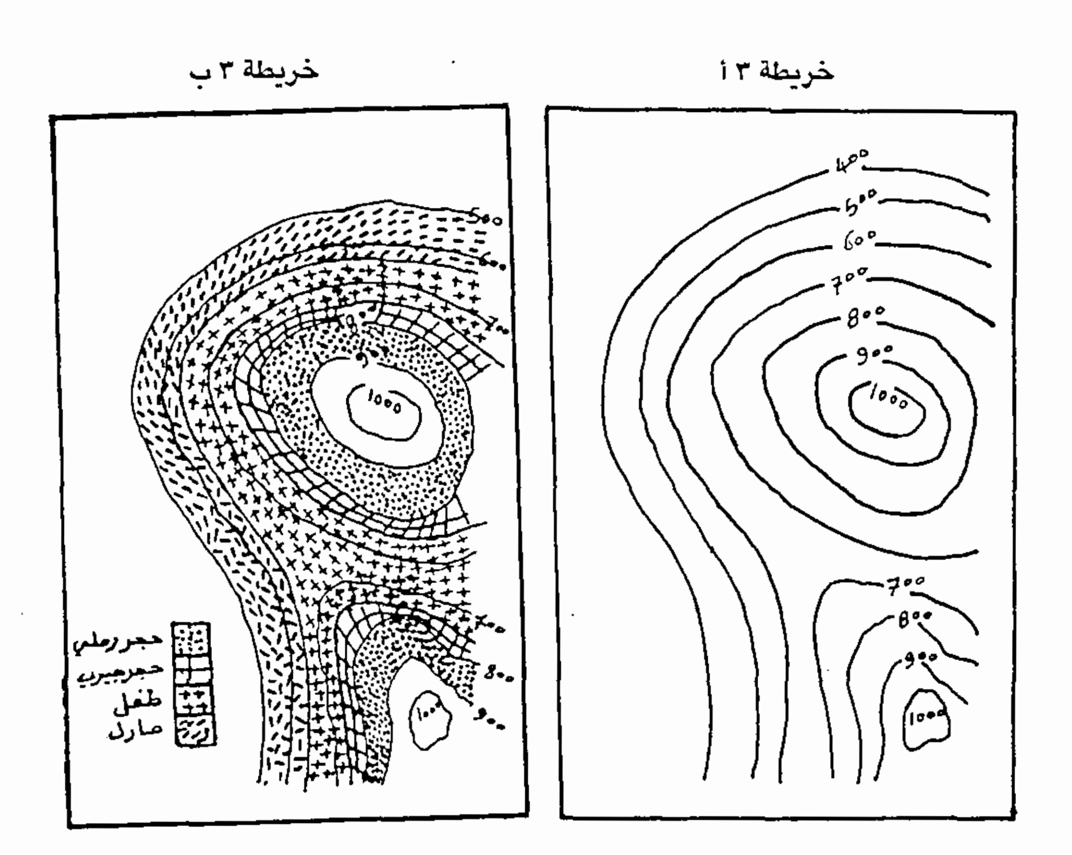
للخطوط. ويستخدم ذلك في المناطق المرتفعة عن مستوى سطح الأرض كالتلال والهضاب.

مثال: وضح امتداد عدد من الطبقات الصخرية على الخريطة رقم (٣ أ) وحسب ترتيب تلك الطبقات وهي حجر رملي سمك ١٠٠م وعلى ارتفاع ٩٠٠ م وتليها طبقة من الحجر الجيري سمكها ٥٠م وتليها طبقة من الطفل سمكها ١٢٥م وتليها طبقة من المارل سمكها ١٢٥م، ولغرض تمثيل تلك الطبقات على الخريطة الكنتورية يتبع ما يأتي:

١ - تحديد موقع كل طبقة بالنسبة للخطوط الكنتورية التي تقع عندها كل طبقة. وربما تكون مطابقة لها أو تقع بين خطين. ويتم توضيح حدود كل طبقة بخط مغاير للخط الكنتوري.

٢ - تميز كل طبقة من غيرها باستخدام رمز خاص لكل طبقة. خريطة رقم (٣ب).

٣ - خريطة ٣ الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية.

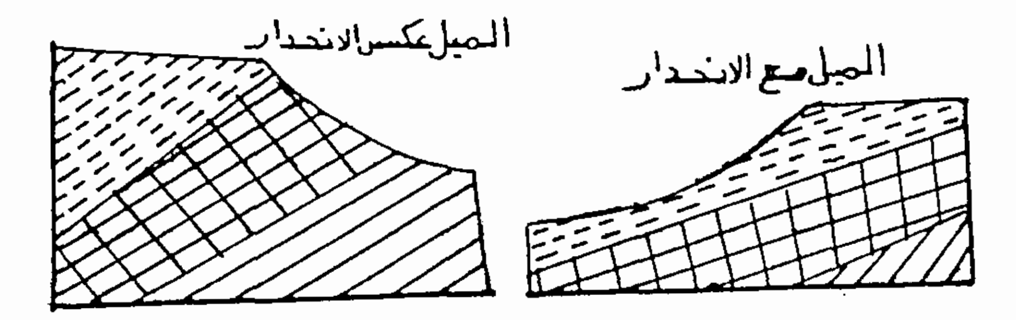


٣ - مقاطع وخرائط للأمتداد المائل للطبقات

أ - مقطع عرضي للأمتداد المائل للطبقات :

تتخذ بعض الطبقات وضع مائل ويكون الميل باتجاه معين قد يتوافق مع الانحدار العام أو قد لا يتوافق معه ويكون باتجاه معاكس، ولهذه الظاهرة أهمية كبيرة عند تخطيط أي مشروع أو ممارسة أي نشاط في مثل تلك الأماكن لهذا يتم تمثيل الوضع المائل لتلك الطبقات بمقاطع عرضية. شكل رقم (٢٢).

شكل رقم (٢١) امتداد الطبقات الصخرية الافقي في منطقة الدراسة



ب - خرائط كنتورية للامتداد المائل :

تستخدم الخرائط الكنتورية في توضيح ميل الطبقات الصخرية في أي مكان على أن يؤخذ بنظر الاعتبار ميل الطبقات وانحدار السطح ولهذا يستعان بما يعرف بخط المضرب وهو خط وهمي أفقي يتقاطع مع سطح الطبقة الأصلي ويكون خطاً مستقيماً وعلى مستويات عدة ولذلك سيمثل هذا الخط منسوبي الطبقة العلوي والسفلي. وتظهر تلك الخطوط بصورة مستقيمة ومتوازية. ويتم قياس خط المضرب واتجاه الميل من الشمال المغناطيسي باستخدام البوصلة ولغرض تمثيل الطبقات المائلة على الخريطة الكنتورية يتطلب ملاحظة ما يأتي :

١ - تكون خطوط المضرب عمودية على اتجاه الميل الحقيقي وتكون تلك الخطوط منسوباً لأسطح الطبقات، وأن مناسيب تلك الخطوط تتناقص باتجاه الميل وتزداد عكس اتجاه الميل. خريطة رقم (٤ أ).

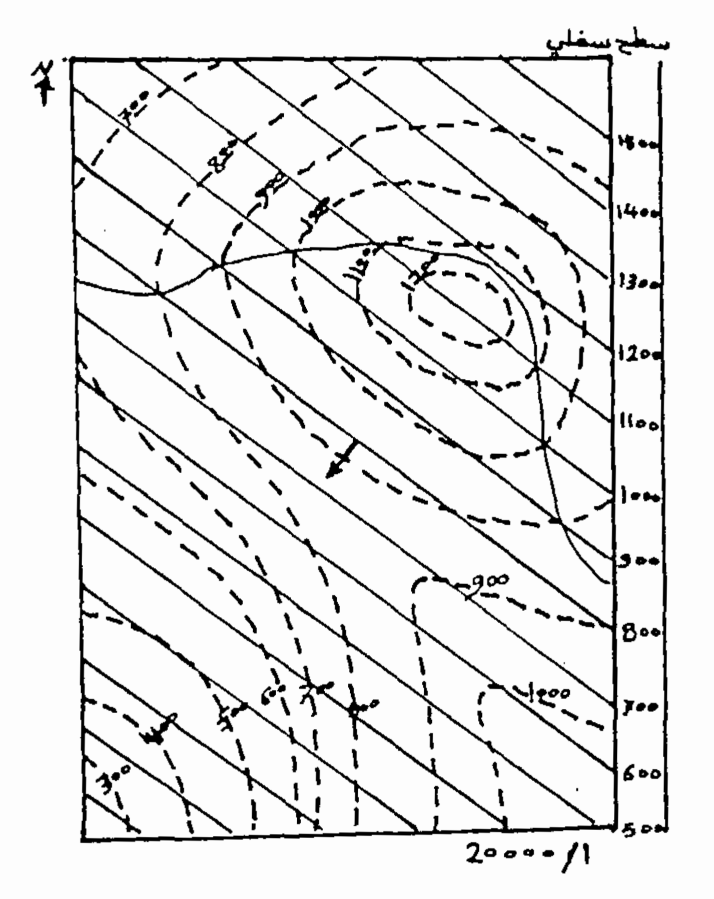
٢ – يحدد سطح الطبقة من تقاطع خط المضرب مع خط الكنتور المساوي له بالمنسوب، ومن خلال توصيل نقاط المكاشف يتم توقيع سطح الطبقة على الخريطة الأساس. خريطة رقم (٤ ب).

٣ – تتغير مناسيب خط المضرب الواحد ويستخدم في رسم جميع أسطح التتابع الصخري للطبقات التي تميل باتجاه واحد ميلاً منتظماً، ويكون الفرق بين منسوبا وآخر مساوياً لسمك الطبقة [٢٠] وبعد ذلك تزال الخطوط من الخريطة فتظهر الطبقات على الخريطة. خريطة رقم (٤ ج).

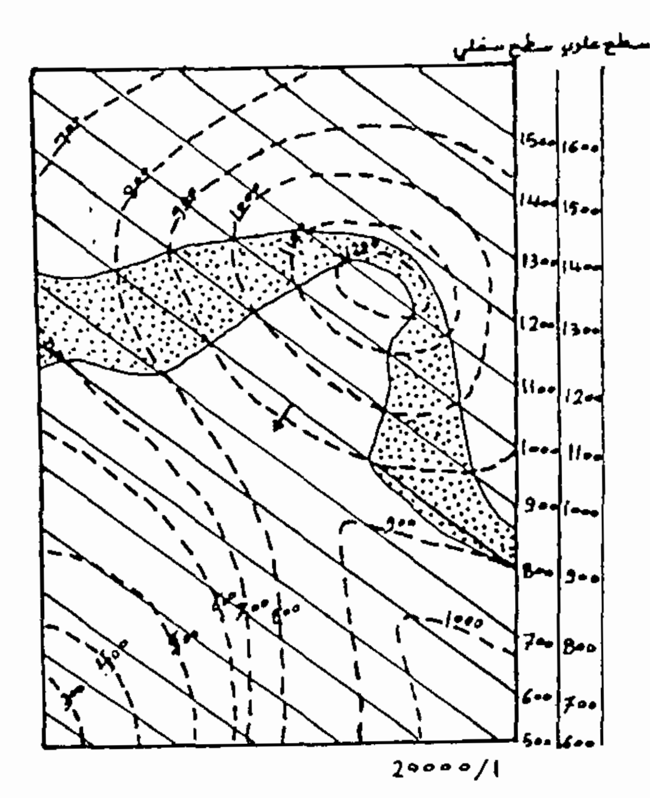
مثال : وضح امتداد طبقة من الصخور الرملية على الخريطة رقم ٤أ والتي يصل سمكها ١٠٠م وتقع حدودها السفلى على ارتفاع ١٠٠٠م.

الحل : يتم توقيع الحدود السفلى عند ارتفاع ١٠٠٠ وامتدادها عند تقاطع خطوط المضرب مع الخطوط الكنتورية المساوية لها بالقيم.

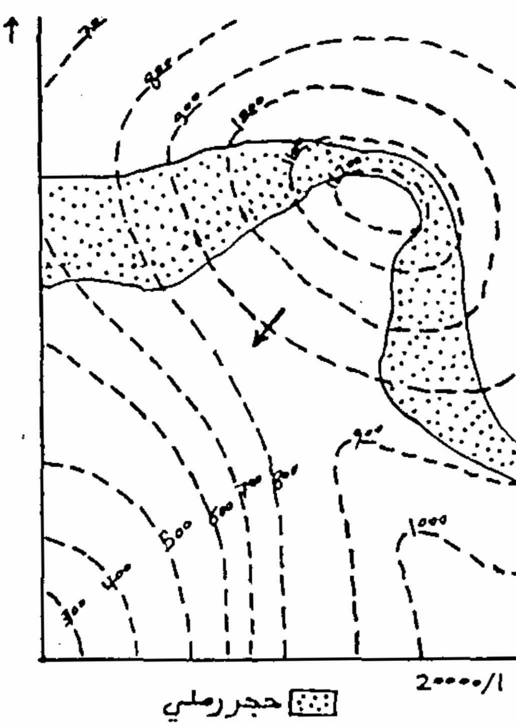
أما الحدود العليا فتكون عند تقاطع خط المضرب ٩٠٠ الجديد خريطة رقم ٤ب، وبالتالي تظهر الطبقة كما في الخريطة رقم (٤جـ).



خريطة رقم (٤ أ) الخريطة الكنتورية موقع عليها خطوط المضرب حدود الطبقة الصخرية السفلى



خريطة رقم (٤ ب) تحديد موقع الطبقة الصخرية بالنسبة للخريطة وكيفية امتدادها .



خريطة رقم (٤ جـ) الشكل النهائي للخريطة التي تتضمن طبقة صخرية ذات امتداد مائل .

التربـــة Soil

١ - تعريف التربة :

تعني التربة الطبقة الهشة التي تغطي معظم سطح اليابس وبسمك متباين من مكان لآخر ويتراوح ما بين بضع سنتمترات وعدة أمتار، ويتكون من عناصر معدنية مختلفة ناتجه عن تفتت الصخور وعناصر عضوية ناتجة عن تحلل البقايا النباتية والحيوانية.

وتعود التربة في تكوينها إلى مصدرين رئيسيين وهي أما منقولة وناتجة عن عمليات تعرية وتجوية ونقلتها المياه والرياح والثلوج ورسبتها في مكان آخر، ولذلك لا يشبه تركيبها المعدني التكوينات التي ترسبت فوقها، فتسمى بالتربة الغريبة في بعض الأحيان.

أما النوع الآخر فهو ناتج عن تجوية وتفتت الطبقات الصخرية وبقاء تلك المفتتات في مكانها ولذلك تشبه الصخور التي تحتها في تركيبها المعدني، وتسمى بالتربة المتبقية. ومن الجدير بالذكر أن خصائص التربة غير ثابتة بل تتغير من زمن لأخر متأثرة بعدة عوامل منها: -

١ - التركيب المعدني للصخور.

٢ - عناصر المناخ.

٣ - الغلاف الجوي.

٤ - طبيعة السطح الذي توجد فوقه التربة.

٥ - سمك التربة.

٦ - كمية الماء في التربة.

٧ - الزمن الذي تمر فيه التربة منذ تكوينها.

٨ - عمليات التعرية والارساب وما يترتب عليها من إضافة أو نقص في سمك التربة.

٩ - النشاط البشري من حرث وزراعة وإزالة وتسميد[٢١].

٢ - التحري الموقعي عن التربة :

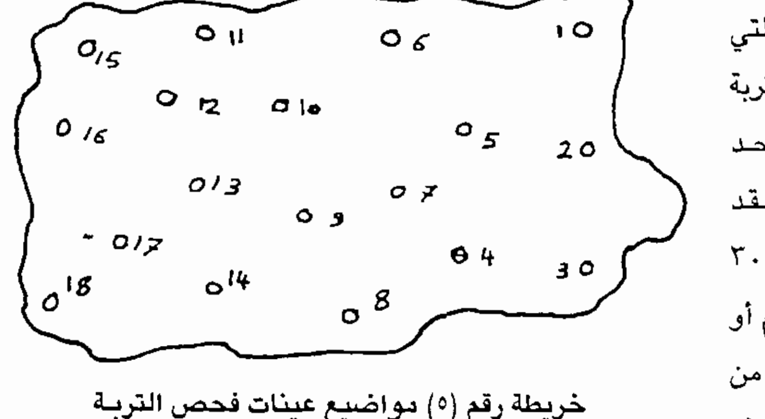
إن التعرف على خواص التربة من الأمور المهمة في الدراسات الجغرافية عامة والجيومورفولوجيا التطبيقية خاصة وذلك لارتباط النشاط البشري بأشكاله المختلفة بها،

ولهذا لا بد من معرفة الصفات والخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة ومن خلال الدراسة الحقلية والتي تكون وفق خطوات عدة وكما يأتي:

١ - توفير خريطة طوبوغرافية لمنطقة الدراسة.

٢ - تحديد المواضع التي يتم أخذ عينات منها وتكون موزعة بشكل يغطي كل منطقة الدراسة وعدم الاكتفاء بنماذج محددة وعلى مسافات متباعدة وذلك لاختلاف نوعية التربة من مكان لآخر وعلى مسافات قصيرة قد لا تتجاوز عدة أمتار.

٣ - ترقيم المواضع على الخريطة لمعرفة نوع التربة في كل موقع بعد التحليل خريطة رقم (٥).



خريطة رقم (٥) مواضيع عينات فحص التربة

٤ - تعيين الأعماق التي تتطلب دراسة التربة فيها ولعمق واحد أو عدة أعماق فقد تكون على عمق ٣٠ سم أو ٦٠ سم أو ٩٠ سم أو أكثر من ذلك. وفي مثل هذه الحالة تعطى الأعماق رموز ضمن الموضع الواحد مثل موضع رقم ١ العمق الأول A1 والعمق الثاني B1 والعمق الثالث C1 وهكذا بقية الأعماق والمواضع الأخرى.

٥ - أخذ عينة من كل عمق مطلوب فحص التربة فيه وبكمية لا تقل عن ١ كغم وتوضع في كيس ويكتب عليه رقم الموضع والعمق أو رمز العمق، لغرض تحديد أو معرفة نوع التربة في كل موضع وكل نطاق أو أفق. ولغرض الحصول على العينة بشكل صحيح وعلمي يجب عمل ما يأتي :

أ - إزالة الطبقة السطحية من التربة وعلى عمق ١٥ سم مع إزالة ما وجد من نبات وذلك لأن تلك الطبقة غير متجانسة وتتكون من مواد متنوعة لا تعود إلى طبيعة التكوينات الأصلية للتربة.

ب - حفر حفرة بطول ١م وعرض نصف متر وبشكل متدرج وكل مرتبة على عمق معين ٣٠سم الأول ٦٠ سم الثانية ٩٠ سم الثالثة وهكذا، لغرض أخذ عينة من كل عمق وبشكل سليم دون حدوث خلط بينها، ويمكن توسيع الحفرة إذا تطلب الأمر ذلك لملاحظة لون ونسجة التربة وعدد الطبقات أو الأنطقة أو الافاق التي تتكون منها التربة في تلك المنطقة إذ تمثل تلك الحفرة قطاع للتربة يمتد من سطح الأرض إلى العمق المحدد وربما يكون إلى الطبقة الصخرية التي ترتكز عليها التربة.

وفي بعض الأحيان تصنف التربة حسب عمقها بما يأتي:

١ - تربة ضحلة جداً ٣٠ سم فاقل.

٢ - تربة ضحلة بين ٣٠ - ٦٠ سم.

٣ - تربة متوسطة بين ٦٠- ٩٠سم

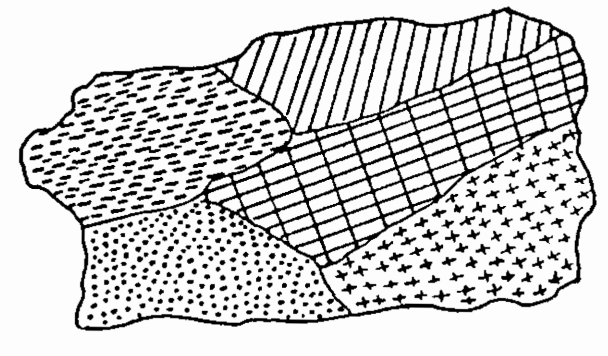
٤ - تربة عميقة بين ٩٠ - ١٠٠سم

٥ - تربة عميقة جداً أكثر من ١٥٠سم

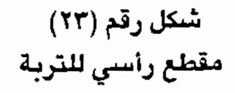
٦ - بعد الانتهاء من عملية تحليل التربة ومعرفة أنواعها حسب تركيبها الكيميائي وخصائصها الفيزيائية فإذا كانت التربة متشابهة في كل منطقة يتم رسم مقطع رأسي لها يوضح أنواع التربة حسب العمق في تلك المنطقة شكل رقم (٢٣).

أما إذا كانت التربة مختلفة من مكان لآخر فيرسم مقطع للمناطق ذات التكوينات المتشابهة كل على حده.

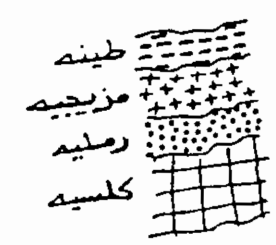
٧ - رسم خريطة توضح عليها نوع التربة السطحية على عمق ٣ سم في منطقة الدراسة وطبيعة انتشارها وفق ما جاء في عمليات تحليل التربة خريطة رقم (٦)



خريطة رقم (٦) انواع التربـة



شكل رقم (٢٣)
مقطع رأسي للتربة



ومن الجدير بالذكر أن طبقات التربة أو أنطقتها متباينة من مكان لآخر حسب طبيعة تكوينها، فإذا كانت مشتقة تكون متعددة الأنطقة إذ يكون القسم العلوي تربة ناعمة تليها تربة خشنة ثم يليها حصى وصخور صغيرة أو مفتتات صخرية ومن ثم جلاميد وقطع صخرية كبيرة أو متوسطة الحجم تقع فوق طبقة صخرية صلبة ومتماسكة، شكل رقم (٢٤ أ) .

٩ – أما التربة المنقولة فقد تكون طبقة معينة فوق طبقة أخرى، وقد تكون طبقة طينية فوق طبقة رملية أو فوق طبقة صخرية صلبة شكل رقم (٢٤ ب).

وقد تكون التربة المنقولة على شكل طبقات عديدة وهذا يعود إلى نوع العامل الذي أسهم في نقلها، فالأنهار على سبيل المثال تحمل كميات كبيرة من الرواسب عند فيضانها والتي تترسب في المواقع التي تنخفض فيها سرعة الجريان وبدرجات متفاوتة الخشنة أولاً ثم المتوسطة ثم الناعمة ولذلك يكون هنالك ترتيب الحصى، الرمال، الغرين، الطين. وهذا لا يعني عدم وجود خلط بين تلك الترسبات ولكن تكون بنسب قليلة إذ يوجد الرمل مع الطين والطين مع الرمل ولكن بنسبة صغيرة. وبالنظر لتغير مجرى النهر بين فترة وأخرى وخاصة

شكل رقم (٢٤) انواع التربة حسب مصدر تكوينها

في الفترة التي لم يتدخل فيها الإنسان بشؤونه وكان وادي النهر مسرح لعملياته من تعرية وارساب لذلك تظهر التربة في مناطق السهول الفيضية على شكل طبقات وعلى عمق يصل بضع أمتار، وتكون تلك الطبقات متميزة في لونها ونسيجها وحجم حبيباتها أو ما تسمى أحياناً مفصولاتها. وهذا لا يعني أن التربة المتبقية لا تتكون من طبقات أو أنطقة، فالبرغم من تشابه التركيب المعدني إلا أنه يوجد تباين في اللون والنسيج وحجم المفصولات، وعلى العموم يمكن تمييز ثلاث طبقات في التربة المتبقية وهي:-

١ - الطبقة العليا:

وتتميز بوجود نسبة عالية من المكونات العضوية فيها ولذلك يكون لونها داكناً (أسود أو رمادي أو بني) وخاصة الجزء العلوي من تلك الطبقة، أما الجزء السفلي منها فيكون ذا لون فاتح لوجود نسبة كبيرة من الرواسب الغرينية وقلة المواد العضوية.

٢ - الطبقة الوسطى :

تتكون من تربة طينية واضحة ناتجة عن إذابة الرواسب الطينية في الطبقات العليا فتنقلها المياه إلى الطبقة الوسطى، فضلاً عن وجود رواسب معدنية مختلفة وخاصة التي لها القابلية على الذوبان بالماء والانتقال من الأعلى إلى الأسفل ولذلك تكون هذه الطبقة غنية بالمعادن التي يحتاجها النبات.

٣ - الطبقة الصخرية:

وتمثل الطبقة الأساس التي تكونت منها التربة المتبقية بتأثير العوامل المختلفة وخاصة التجوية حيث تحتفظ التربة المتبقية من الصخور بالخصائص المعدنية، أما الخصائص الأخرى من نسيج ولون فتؤثر عليها عوامل أخرى.

وقد يؤثر في التربة المتبقية بصورة غير مباشرة طوبوغرافية الأرض وميل السطح والتي يتوقف عليها مقدار مياه الأمطار التي تجري على السطح وما يترشح داخل التربة الذي يكون له الدور الفاعل في عمليات التجوية المختلفة التي تعمل على تفتت الصخور وتحويلها إلى تربة. وقد يكون لطبيعة انحدار سطح الأرض علاقة بقطاعات التربة المتبقية وكما يأتي:-

١ - مناطق الميل البطيء ما بين ٠-٤٪ الذي يسمح انحدارها بتسرب كميات كبيرة من المياه داخل التربة فتحدث تغيراً كبيراً في الطبقة الثانية من القطاع فتتحول إلى تربة طينية.

٢ - مناطق الميل المتوسط ما بين ٤ - ١٦٪ إذ تكون التعرية ضعيفة خاصة إذا توفر غطاء نباتي، وقد يساعد الانحدار على زيادة الجريان وقلة المياه المتسربة فيكون تأثيرها محدوداً على الطبقات تحت السطحية.

٣ - مناطق ذات ميل ما بين ١٦ - ٥٥٪ وهذا أقصى ميل تتكون عنده التربة وبسمك يتراوح ما بين ٦٠ - ١٢٠ سم، وقد تعمل المياه الجارية على تعرية الطبقات العليا من التربة مع بطء تكون التربة في تلك المنطقة لقلة المياه المتسربة داخل التربة ولهذا لا تكون التربة عميقة[٢٣].

٣ - خواص التربة :

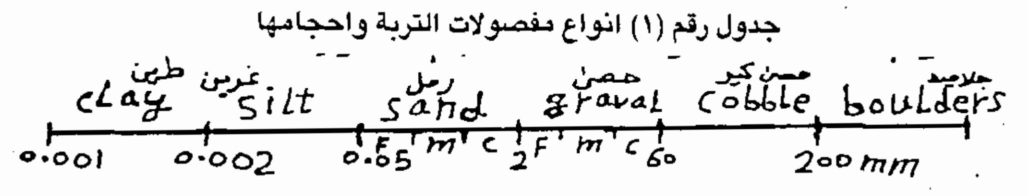
أ - الخواص الفيزيائية :

١ - نسيج التربة:

يعني نسيج التربة طبيعة ترتيب حبيبات التربة التي تختلف من مكان لآخر اعتماداً على حجم وشكل تلك الحبيبات والتي تتكون أما من الرمل أو الغرين أو الطين، والحصى ومفتتات الصخور الخشنة والناعمة، أي تكون التربة عبارة عن خليط من تلك المفصولات وبنسب متباينة ولهذا تتخذ التربة تسميات مختلفة حسب نسب تلك التكوينات ومفصولات التربة تكون ذات أحجام مختلفة[٢٤]. جدول رقم (١)

وقد تكون التربة ذات نسيج ناعم أو خشن حسب حجم المفصولات، ولغرض التعرف على نسيج التربة يتم فحصها مختبريا وحقلياً وكما يأتي:

جدول رقم (١) انواع مفصولات التربة واحجامها



المصدر : M. Carter and others; Correlations of Soil Properties, Brita in, 1991, p.4

أ - استخدام المناخل أو الغرابيل التي صممت بشكل يتناسب مع حجم مفصولات التربة المذكورة سابقاً، إذ يتم فصل كل الأنواع بسهولة عدا الطين والغرين والرمل الناعم جداً فيصعب فصلها بالمناخل لتقارب أحجامها لذا يستخدم جهاز الهيدرومتر.

ب - جهاز الهيدرومتر:

تأخذ عينة من التربة الناعمة مقدارها ٢٠٠ غرام ويتم تجفيفها بالفرن الكهربائي إلى درجة حرارة ١١٠°م للتخلص من الماء الموجود في العينة ثم توزن العينة، كما تتم تنقية المتبقى من العينة من المواد العضوية بواسطة محلول كلوريد الكالسيوم (Cacl2) وتجفف لأخذ كمية منها مقدارها ٥٠ غرام لمتابعة التحليل، إذ توضع العينة في قنينة اختبار حجمها ٧٥٠ سم٣، ويضاف إليها ٥٠٠ سم٣ من الماء المقطر وغرامين من مادة الكالجون بغيبة فصل الحبيبات عن بعضها البعض، ثم توضع قنينة الاختبار فوق جهاز هزاز لكي يستمر تحريك القنينة لعدة ساعات متتالية وهذا يتوقف على نسبة الطين كلما زادت نسبته يزداد تحريك القنينة.

وبعد ذلك تفرغ العينة في بودقات زجاجية أسطوانية مدرجة بسعة ١٠٠ سم٣ ويضاف إليها ماء مقطر حتى يرتفع المحلول إلى مستوى ١٠٠ ملم، وبعد ذلك يجرى تحريك المحلول بواسطة قضيب زجاجي لغرض تجانس المحلول ثم يترك في درجة حرارة لا تقل عن ٢٠°م لتبقى الحبيبات عالقة بالماء قبل وضعها في جهاز القياس الهيدرومتر، ثم يسكب المحلول في جهاز القياس وتجرى عليه القراءات المتلاحقة خلال فترات معينة (دقيقة أو دقيقتين أو خمس دقائق) ويتم الحصول على النتائج المطلوبة.

وهنالك طريقة أخرى تابعة للطريقة السابقة وهي بعد أن تفرغ في البودقات الزجاجية الأسطوانية يتم تفريغ الأسطوانات بواسطة أنبوبة ماصة ولعدة مرات

متتالية وعلى شكل عينات كل عينة ١٠ سم٣، أي تقسيم العينة الرئيسية إلى عدة أقسام وكل قسم ١٠ سم٣، وتوضع في إناء خزفي ثم تجفف العينات في فرن كهربائي لا تزيد حرارته عن ١١٠°م ولمدة ٣٠ دقيقة ثم يوزن الناتج المجفف من الرواسب وتحسب النسبة المئوية للمفصولات أو الحبيبات في العينة المختارة، ومن خلال الملاحظات المستمرة أو المتكررة يمكن معرفة نسبة الحبيبات التي تقل عن ٠,١ أي ما بين ٠,٠٠٢ ـ ٠,٠٥ ملم والتي تعتبر هوائية أي خفيفة الوزن بينما تكون المائية ما بين ٠,٠٢ ـ ٠,٢ ملم[٢٥].

٢ ـ تربة عرينية Silty نسبة الغرين ٩٠٪ وأقل من ١٠٪ رمل والباقي غرين.

٣ ـ تربة طينية Clay نسبة الطين أكثر من ٤٠٪ وأقل من ٤٥٪ رمل والباقي غرين.

٤ ـ تربة مزيجية Loamy تتكون من ٤٠ ـ ٥٠٪ رمل و ٢٥ ـ ٣٠٪ طين والباقي غرين.

٥ ـ رملية مزيجية Loamy sand ترتفع فيها نسبة الرمل إلى ٧٠٪ والباقي ١٠ ـ ٢٠٪ طين والباقي غرين.

٦ ـ مزيجية رملية Sandy loam تنخفض فيها نسبة الرمل إلى ٥٠٪ ونسبة الطين حوالي ٢٠٪ والغرين حوالي ٣٠٪.

٧ ـ مزيجية طينية Clay loam وتتكون من حوالي ٣٠٪ طين ومن ٢٠ ـ ٣٠٪ رمل والباقي غرين.

٨ ـ مزيجية طينية رملية Sandy clay loam وتتضمن حوالي ٤٥٪ رمل و ٢٠ ـ ٣٥٪ طين والباقي غرين.

٩ ـ مزيجية غرينية Silty loam تحتوي على حوالي ٧٠٪ غرين والباقي رمل وطين.

١٠ ـ مزيجية طينية غرينية Silty clay Loam وتتكون من حوالي ٦٠٪ غرين و ٢٠٪ طين والباقي رمل.

١١ ـ طينية رملية Sand clay وتتضمن حوالي ٤٥٪ طين و٣٥٪ رمل والباقي غرين.

١٢ ـ طينية غرينية Silty clay وتحتوي على ٦٠٪ غرين و ٤٠٪ طين.

د ـ التحليل الحقلي والمباشر من قبل مختص بالتربة، فمن خلال ترطيب عينة من التربة ولمسها باليد جيداً ومن خلال خصائص معينة في كل نوع من التربة يمكن تشخيص صنفها مثل الخشونة والنعومة والتفتت والتماسك واللزوجة والالتصاق فلكل نوع من الترب صفات يتميز بها عن غيره رغم أن ذلك يكون على نطاق عام وليس دقيقاً وكما يأتي:

١ ـ التربة الرملية خشنة الملمس والحبيبات مفككة وضعيفة التماسك، كما أنها لا تترك آثاراً على الأصابع التي تلمسها.

٢ ـ التربة الغرينية وهي ذات ملمس حريري قابليتها على التماسك ضعيفة ويمكن تحويلها إلى كرات.

٣ ـ التربة الطينة وتكون ذات ليونة عالية وتترك آثار على الأصابع التي تلمسها ويمكن عمل أشكال مختلفة منها كروية وحبلية وفخارية مختلفة.

٢ ـ مسامية التربة Soil Porosity

وتعني المسامية ما تتضمنه الترب من فراغات بأشكال متباينة، وتعتبر هذه الخاصية ذات أهمية كبيرة في الأنشطة والمشاريع المختلفة ومعرفة تلك المسامية يكون من خلال النسبة بين حجم المسامات في العينة وحجم العينة وتقاس بالنسبة المئوية كما في المعادلة الآتية:

$$م = \frac{ع}{ح} \times ١٠٠$$

ع حجم المسامات.

ح حجم العينة

وتتباين المسامية في التربة من نوع لآخر حسب طبيعة نسيجها الذي يعتمد على نوع الحبيبات وشكلها إذ تكون عالية في الدائرية والمتماثلة في الحجم في حين تكون واطئة في التربة ذات الحبيبات المختلفة الشكل والحجم، كما تكون عالية في الترب العضوية وتصل إلى ٩٠٪ وتقل الترب الطينية إلى ٤٪.

والمسامية على نوعين شعرية وغير شعرية، فالشعرية تكون دقيقة جداً لذلك تكون ضعيفة النفاذية أما غير الشعرية فتكون أوسع من الشعرية لذلك تكون ذات نفاذية عالية.

ويمكن قياس المسامية بعدة طرق، من أبسطها أخذ وعائين من نوع واحد وتوضع فيهما عينتين متساويتين من التربة أحدهما جافة والأخرى يضاف لها ماء حتى تتشبع تماماً ليملأ الفراغات أو المسامات التي تحتويها التربة، ثم توزن العينتان فالرطبة أثقل من الجافة وعليه يمثل الفرق في الوزن حجم المسامات.

٣ ـ نفاذية التربة Soil Permeability

وتعني قابلية الماء على الحركة خلال التربة وهذا لا يعتمد على المسامية الرأسية فقط بل يعتمد على المسامات الأفقية التي من خلالها ينتقل الماء من مكان لآخر، ولذلك قد تكون التربة مسامية ولكن غير نفاذية مثل التربة الطينية، وتصنف نفاذية التربة إلى درجات حسب مقدار سرعة تحرك الماء خلالها فإذا كانت ٢٥ سم فأكثر في الساعة تعد عالية وما بين ٦ ـ ١٢ سم/ ساعة معتدلة وأقل من ذلك ضعيفة النفاذية[٢٧].

ومن الجدير بالذكر أن المفصولات تتباين في نفاذيتها إذ تكون عالية في الحجر والحصى والرمل وضعيفة في الطين والغرين وكما يأتي:

اسم المفصولات	معدل النفاذية م / يوم
الغرين	اقل من ٠.٠٠٥
الطين	٠.٠٠٥ – ٠.٠٥
الرمل الطيني	٠.٠٥ – ١
الرمل الناعم	١ – ٥
الرمل المتوسط	٥ – ٢٠
الرمل الخشن	٢٠ – ٥٠
الحصى	٥٠ – ١٥٠
الحجر	١٠٠ – ١٠٠٠

وتقاس النفاذية بعدة طرق حسابية ومختبرية وحقلية، وتعد أفضل الطرق الحقلية لأنها توضح نفاذية التربة بحالتها الطبيعية دون أن يطرأ عليها تشوه، ويكون ذلك من خلال حفر آبار على مسافات متساوية ويتوسطها بئر رئيسي، فعند ضخ المياه من البئر الرئيسي تتحرك المياه من الآبار الجانبية نحوه ويستغرق ذلك زمن معين حسب طبيعة التكوينات التي يمر بها الماء إذا كانت ذات نفاذية جيدة يقل الزمن وإذا كانت غير جيدة يزداد الزمن الذي يستغرقة الماء في الانتقال من البئر الجانبي إلى الرئيسي[٢٨] وهذا مؤشر على مدى تماسك التربة حسب طبيعة الحبيبات التي تتكون منها والمواد اللاصقة التي تسمى في بعض الأحيان الغرويات أو المواد الاسمنتية التي تعمل على جمع الحبيبات، وتكون على نوعين عضوية ومعدنية. ولهذا يكون بناء التربة في المناطق شبه الجافة وشبه الرطبة جيداً لاحتواء التربة على مواد عضوية ومعدنية، في حين لا توجد إلا بنسب متباينة وقليلة في المناطق الرطبة والصحراوية فتكون التربة أقل جودة.

٤ – انكماش التربة:

تحدث هذه الظاهرة في التربة الناعمة المبللة عندما تفقد رطوبتها إذ تتعرض حبيباتها

لقوى الضغط الناتجة عن الشد السطحي للمياه المتواجدة في المسامات إذ يؤدي خروج تلك المياه من بين حبيبات التربة إلى إحداث فراغات وبالنظر لقلة تماسك الحبيبات الموجودة حول تلك الفراغات لذا تتحرك نحو بعضها لسد تلك الفراغات، ويؤدي ذلك إلى تقليل سمك التربة إلا أنها تزداد تماسكاً، إذ تؤدي قلة المياه في التربة إلى زيادة صلابتها. كما يؤدي جفاف التربة إلى تغيير لونها من الغامق إلى الفاتح[٢٩].

ب : الخواص الكيمائية للتربة :

١ - حامضية التربة :

تعني حامضية التربة مدى احتوائها على ايونات الهيدروجين والهيدروكسيد (pH) إذ تكون التربة حامضية أو متعادلة أو قلوية اعتماداً على نسبة ايونات الهيدروجين ويعود ذلك إلى نوع الصخور التي اشتقت منها التربة ونسبة الرطوبة فيها وعلى التركيب الكيميائي لتلك التربة إذ تكون التربة حامضية إذا كانت درجة (pH) ما بين ٤ - ٦.٥ ومتعادلة ما بين ٦.٦ - ٧.٣ وقلوية أو قاعدية ما بين ٧.٤ - ١٠. أي تكون التربة حامضية إذا زادت نسبة ايونات الهيدورجين على ايونات الهيدروكسيد وتكون قاعدية إذا حدث العكس.

وتعد حموضة التربة أو قلويتها ذات أهمية كبيرة في انتاجية التربة، إذ تعد التربة المتعادلة أفضل تلك الأنواع ثم تليها القلوية أو القاعدية، في حين تكون التربة الحامضية أقل أهمية. ولذلك تقوم الدول المهتمة بالزراعة بإضافة التربة الجيرية إلى التربة الحامضية للافع درجة قلويتها.

ومن الجدير بالذكر أن حموضة التربة تختلف من مكان لآخر ضمن المزرعة الواحدة لذا يفضل قياس عدة مواقع في المزرعة الواحدة بواسطة الجهاز المصمم لهذا الغرض ويسمى جهاز (pH) .

٢ - ملوحة التربة :

تحتوي التربة على أملاح بنسب متفاوتة مثل كلوريد الصوديوم والكالسيوم وكبريتاتها وبيكربوناتها، إذ تؤدي زيادة نسبة الملوحة في التربة إلى انخفاض انتاجيتها. وغالباً ما تنتشر هذه الظاهرة في المناطق الحارة والجافة نتيجة لتبخر المياه وبقاء الأملاح على سطح الأرض فتكون التربة مائلة إلى البياض، كما يؤدي ارتفاع مناسيب المياه الجوفية في باطن

إلى ذلك، إذ تقوم تلك المياه بإذابة الأملاح ونقلها من باطن الأرض إلى سطحها، وهذا ما يحدث في المناطق القريبة من مجاري الأنهار خاصة عندما ترتفع مناسيب المياه عند الفيضان فتحدث ظاهرة النزيز (Seepage) التي تؤدي إلى تركيز الملوحة على سطح التربة فيتغير لونها إلى لون غير طبيعي حسب نوع تلك الأملاح.

وتقاس ملوحة التربة بالتوصيل الكهربائي (EC) (Electric conductivity) إذ تكون التربة المالحة موصلة للكهرباء وتزداد درجة التوصيل بزيادة نسبة الملوحة ويقاس ذلك بالمليموز/سم فإذا كانت قيمة كبيرة دلت على الملوحة العالية، ولهذا تصنف الترب حسب ذلك وكما يأتي:

قيمة	نوع التربة
٢ – ٤	تربة قليلة الملوحة
٤ – ٨	متوسطة الملوحة
٨ – ١٥	عالية الملوحة
اكثر من ١٥	عالية جداً (٣٠)

٤- علاقة الخصائص العامة للتربة بالنشاط البشري

ترتبط الأنشطة التي يمارسها الإنسان اقتصادية كانت أم عمرانية أو أي مشاريع ومنشآت هندسية بالتربة وبشكل مباشر، ويعتمد بالأساس على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة؛ فالانتاج الزراعي يعتمد على خصوبة التربة التي تعني قدرتهما على تزويد النبات بما يحتاج إليه من مادة غذائية والمتمثلة بما تتضمنه التربة من عناصر ومعادن مختلفة كالنتروجين والفوسفات والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت وأكاسيد الحديد وغيرها والمحاصيل الزراعية تختلف في المطالب وتتشابه وهذا الأخير يؤدي إلى إضعاف التربة لذا يستحسن استخدام نظام الدورات الزراعية حسب المناخ السائد وأسلوب الري لإدامة خصوبة التربة. كما يجب تزويد التربة بالعناصر الأكثر استهلاكاً مثل النتروجين الذي يسهم في النمو الخضري للنبات والفوسفات التي يساعد على الاثمار. فهذا يتعلق بمعرفة طبيعة التركيب الكيميائي للتربة وما تتضمنه من أملاح

ودرجة حموضة التي تنعكس آثارها على الانتاج الزراعي.

أما من حيث النسيج فتفضل التربة المزيجية على غيرها في الزراعة. في حين تكون التربة الطينية غير ملائمة للزراعة وتحتاج إلى معالجة من خلال إضافة السماد العضوي أو الرمل لتحسين خواصها، أما في المشاريع العمرانية فيكون العكس إذ تفضل التربة الطينية الكتيمة على الزيجية لأن قوة تحملها أعلى، كما تفضل في الزراعة التربة السميكة على الضحلة في حين تفضل المشاريع العمرانية الضحلة على السميكة.

أما التربة المالحة فهي ذات مضار على الزراعة والمنشآت والأبنية وعليه سيتم تناول العلاقة بين تلك الخصائص والمشاريع المختلفة في المواضيع اللاحقة.

مراجع الفصل الثاني

١ - د. جودة حسنين: معالم سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية الاسكندرية، بدون تاريخ نشر ص ١١١.

٢ - د. حسن حميده؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية، دار الراتب الجامعية بيروت، ١٩٨٩ ص٩٨ .

٣ - عبدالإله رزوقي كربل: علم الأشكال الأرضية (الجيومورفولوجيا)، مطبعة جامعة البصرة، العراق، ١٩٨٦، ص ٦٨.

٤ - د. حسن حميدة؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية، مصدر سابق ص ١٠٦-١٠٨.

٥ - د. جودت حسنين جودت، معالم سطح الأرض، مصدر سابق ص ١٤٧.

٦ - عبدالإله رزوقي كربل، علم الأشكال الأرضية، مصدر سابق ص ٣٠٨.

٧ - د. زهير رمو فتحوحي؛ الجيولوجيا الهندسية والتحرب الموقعي، دار الكتب للطباعة والنشر. الموصل، العراق ١٩٩٠، ص ٣٥.

٨ - د. محمود توفيق سالم؛ أساسيات الجيولوجيا الهندسية، دار الراتب الجامعية، بيروت ١٩٨٩ ص ٥٣.

٩ - المصدر السابق ص ٥٥ - ٥٦.

١٠- المصدر السابق ص ٣٨.

١١- د. محمد يوسف. د. عمر حسين. د. عدنان النقاش؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مركز الكتب الأردني - عمان ١٩٩٠ ص ١٢٧.

١٢- د. حسن سيد أحمد أبو العينين؛ كوكب الأرض، مظاهره التضاريسية الكبرى، مؤسسة الثقافة الجامعية، الاسكندرية، ١٩٩٦، ص ٢٢٧.

١٣- د. محمد يوسف وآخرون، أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق ص ١٢٠

١٤- د. حسن سيد أحمد أبو العينين، كوكب الأرض، مصدر سابق ص ٢٤٠.

١٥- إبراهيم عبيد؛ الجيولوجيا الهندسية، منشأة المعارف، الاسكندرية ١٩٦٩، ص ٥٧.

١٦- F.G.Bell,Engineering properties of soil and Rocks, third Edition, Genesis typer setting, great Britation,1992.P.162.

١٧- د. محمد سامي عسل: الجغرافية الطبيعية، جـ١، مكتبة الانجلو المصرية،١٩٨٤ ص ٣٣٢.

١٨- د. حسن رمضان سلامة؛ مظاهر الضعف الصخري وأثارها الجيومورفولوجية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت عدد ٢٥ سنة ١٩٨٢ ص ٣٠.

١٩- د. محمد علي بركات: مواد البناء واختباراتها القياسية، دار الراتب الجامعية الاسكندرية، ١٩٩٠، ص ٧٥.

٢٠- د. إبراهيم زيادي؛ مبادئ الخرائط والمساحة، دار المعرفة الجامعية الاسكندرية ١٩٩٧، ص ١٠٣.

٢١- د. إبراهيم شريف؛ جغرافية التربة، مطبعة جامعة بغداد ١٩٨٢ ص ٣٨ - ٣٩.

٢٢- د. حسن حميده؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية، مصدر سابق ص ٤٤٠.

٢٣- المصدر السابق ص ١٤٧.

٢٤- M. Carter and S.P. Bentley, *Corretation of soil Properties*, Printed in Great Britain by Book craft, 1991, p 4.

٢٥- د. عدنان النقاش ود. مهدي الصحاف: الجيومورفولوجي، مطبقة جامعة بغداد، ١٩٨٩ ص ٥٠٨.

٢٦- د. إبراهيم شريف؛ جغرافية التربة، مصدر سابق ص ٨٤ - ٨٥.

٢٧- المصدر السابق، ص ١٥٦.

٢٨- د. محي الدين بنانه، الجيولوجيا التطبيقية؛ معهد الإنماء العربي، دمشق ١٩٨٨ ص ١٦٧.

٢٩- د. أسامة مصطفى الشايعي؛ ميكانيكا التربة، أساسيات وخواص التربة، جـ١، دار الراتب الجامعية، الاسكندرية ١٩٨٨ ص ٦١.

٣٠- د. محمد محمود إبراهيم الذيب؛ جغرافية الزراعة، تحليل في التنظيم المكاني، مكتبة الانجلو المصرية ١٩٩٥ ص ٢٩١ - ٢٩٢.

الفصـل الثـالث

الانحـدارات ...
أنواعهـا ومشـاكلها

الانحدار يعني انحراف أو ميل الأرض عن المستوى الأفقي، ويكون الانحدار كبيراً كلما زاد الانحراف أو الميل.

وتُعد الانحدارات ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجغرافية عامة والجيومورفولوجية خاصة لأنها تسهم في تحليل مظاهر سطح الأرض وعلاقتها بالنشاط البشري بأشكاله المختلفة كالعمران والطرق والزراعة وغير ذلك، إذ يعتمد استغلال السفوح على طبيعة انحدارها وتكويناتها السطحية وتحت السطحية والعمليات التي تتعرض لها تلك السفوح.

وتستخدم الخطوط الكنتورية للدلالة على طبيعة تضاريس الأرض في الخرائط الطوبوغرافية، وهي خطوط وهمية تمر بجميع النقاط ذات الارتفاع المتساوي بالنسبة لمستوى سطح البحر.

وقد حظيت الانحدارات باهتمام المختصين في الجيومورفولوجيا من كافة الجوانب. وكما يأتي:

أولاً : أنواع الانحدارات :

تصنف الانحدارات على أساسين هما درجة انحدارها وشكلها وكما يأتي:-

١ - حسب درجة الانحدار:

تكون الانحدارات على أنواع حسب درجة انحدارها وهي:-

أ - الانحدار البسيط أو الخفيف:

ويكون ذا ميل بطيء لذا تتباعد فيه الخطوط الكنتورية عن بعضها لسعة المسافة الأفقية بين خط وآخر. ويشمل الانحدارات التي تتراوح درجاتها ما بين (١° - ١٥°) أي من (١٪ - ٢٧٪) ولذلك يصلح لمعظم الأنشطة البشرية.

ب - الانحدار المعتدل أو المتوسط:

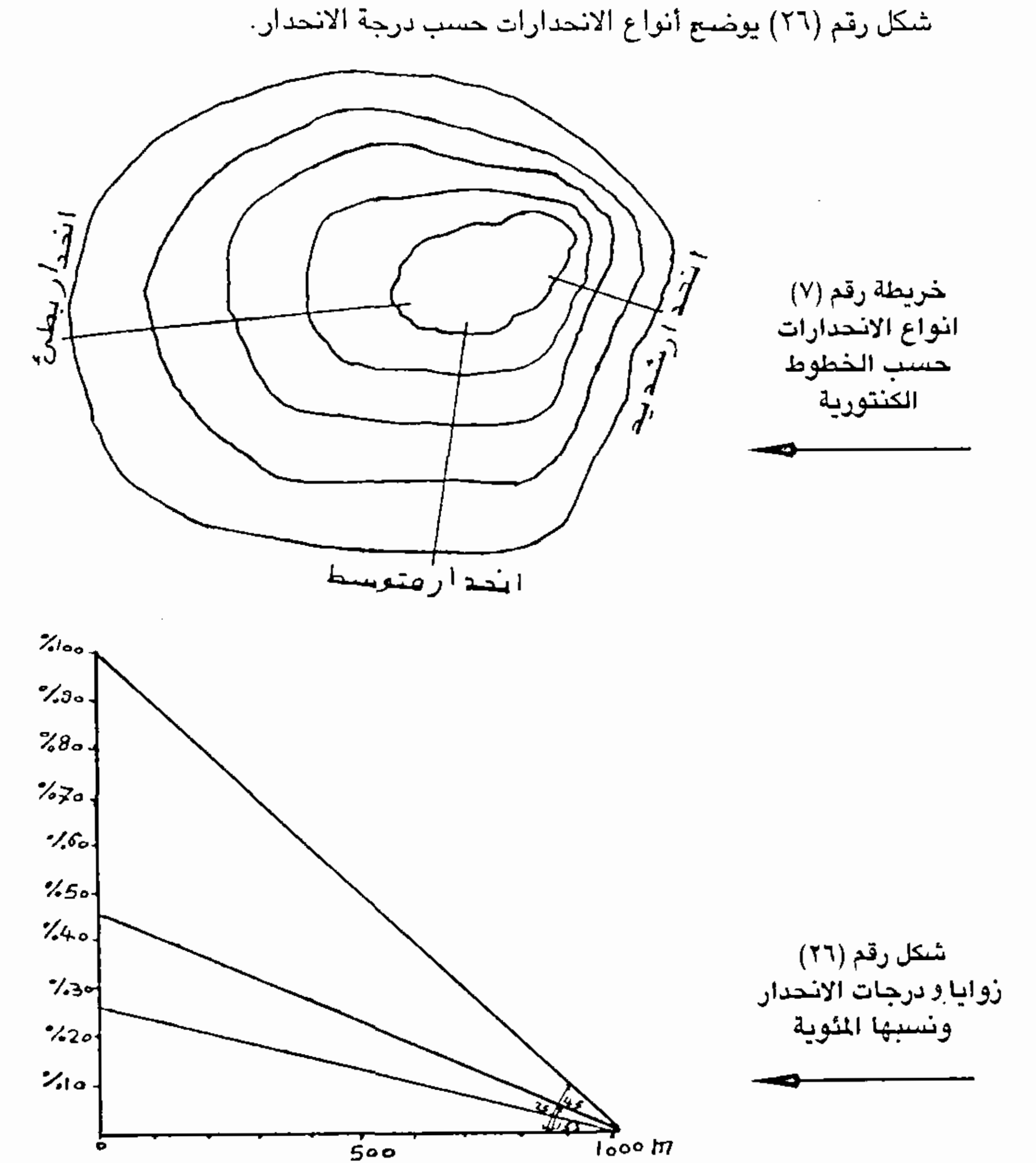
وهو الانحدار الذي تكون فيه المسافات الأفقية بين الخطوط الكنتورية متساوية ومعتدلة وأقل مما في النوع السابق وأكثر من النوع اللاحق أو الشديد، وتتمثل في الانحدارات التي تتراوح درجاتها ما بين (١٥° - ٢٥°)، أي من (٢٧٪ - ٤٧٪) تقريباً، وهي أكثر صعوبة من النوع السابق من حيث استغلالها في مجالات عدة.

جـ - الانحدار الشديد:

ويشمل الانحدارات التي تكون فيها الخطوط الكنتورية متقاربة جداً لصغر المسافة الأفقية بينها، وتكون درجة ميلها ما بين (٢٥° - ٤٥°) أي من (٤٧٪ - ١٠٠٪) وقد يواجه استغلالها مثل تلك السفوح مشاكل عدة[١].

خريطة رقم (٧) توضح الانحدارات حسب الخطوط الكنتورية.

شكل رقم (٢٦) يوضح أنواع الانحدارات حسب درجة الانحدار.



خريطة رقم (٧)
انواع الانحدارات
حسب الخطوط
الكنتورية

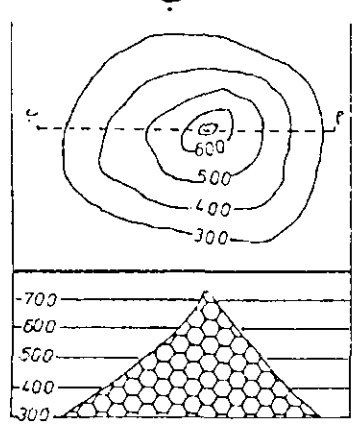
شكل رقم (٢٦)
زوايا و درجات الانحدار
ونسبها المئوية

٢ - أنواع الانحدارات حسب الشكل:-

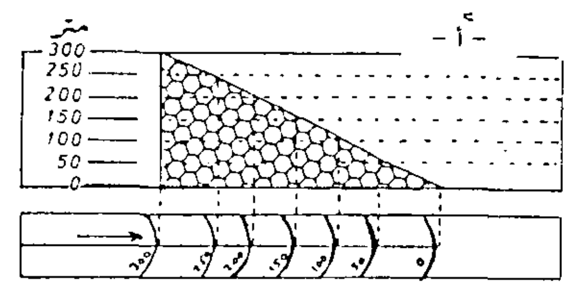
أ - انحدار منتظم:

يكون سطح الانحدار مستوياً وعلى وتيرة واحدة، أي خاليا من ارتفاع أو انخفاض بعض أجزائه ومهما كانت درجة انحداره شديدة أو متوسطة أو بسيطة، ولذلك تكون الخطوط الكنتورية منتظمة التوزيع على طول تلك السفوح. شكل رقم ٢٧ أ.

وقد يكون المرتفع منتظم الانحـــدار في مقطعه العرضي الذي تم قياســـه شكل رقم (٢٧ ب).



شكل رقم (٢٧) انحدار منتظم



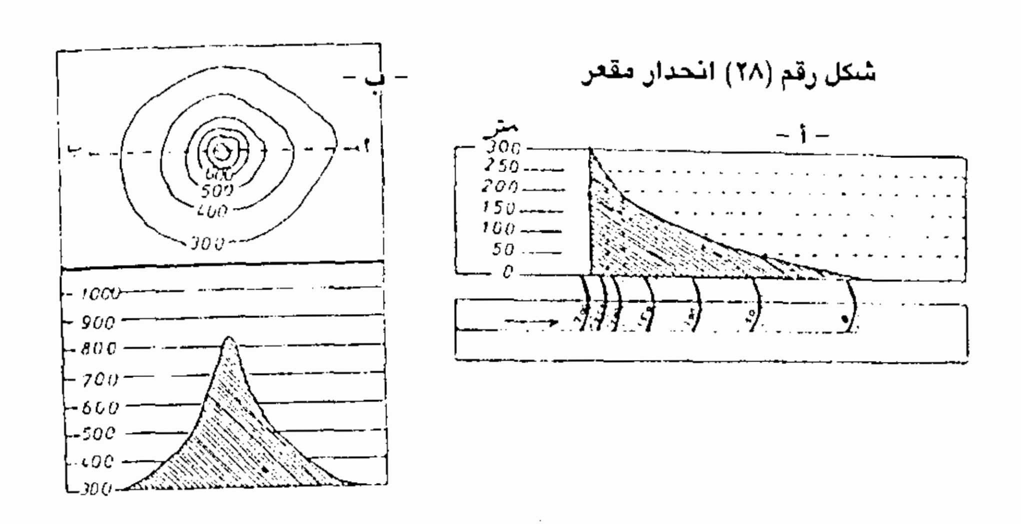
ب - انحدار مقعر:

يكون شديد الانحدار في قمته ومعتدلاً في وسطه ونهايته لذلك تكون الخطوط الكنتورية متقاربة في القمة ومتباعدة عند السطوح الوسطى والسفلى وبشكل تدريجي. شكل رقم (٢٨ أ).

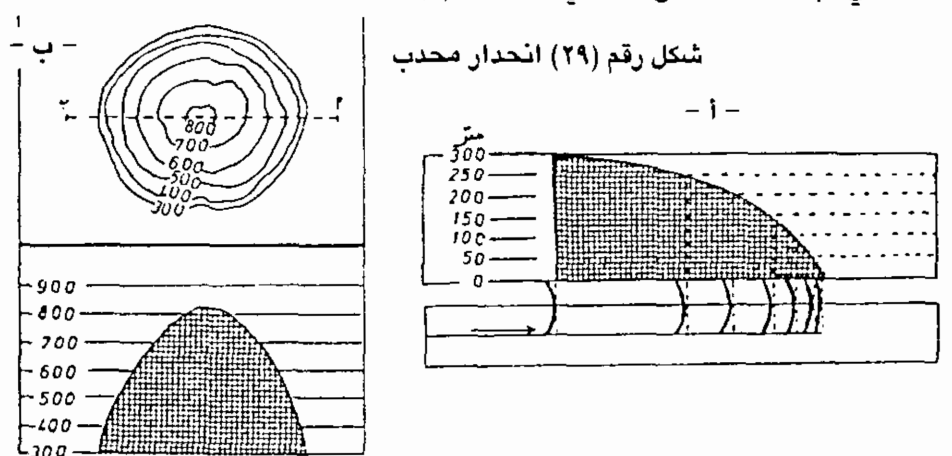
وقد يظهر المرتفع على شكل مخروطي في المقطع العرضي المرسوم له في بعض الأحيان وربما تكون المرتفعات التي تتعرض إلى التعرية الجليدية من أكثر المرتفعات التي تظهر فيها بهذا الشكل. شكل رقم (٢٨ ب).

جـ - انحدار محدب:

وهو بطيء في قمته ويزداد شدة عند السفوح وخاصة في أسفلها لذلك تظهر الخطوط الكنتورية متباعدة في القمة وتتقارب تدريجيا عند السفوح ويكون التقارب كبيراً أسفل تلك السفوح. شكل رقم (٢٩ أ)..



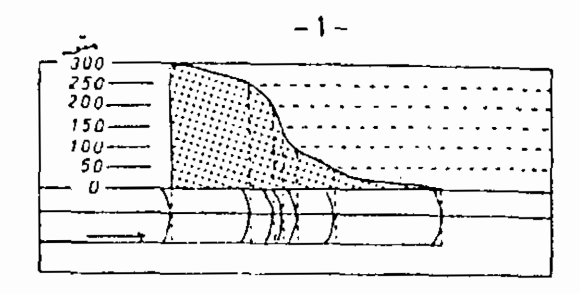
ويظهر المرتفع على شكل قبة في مقطعه العرضي إذا كان متشابه الانحدار عند المنطقة التي تم تمثيلها بمقطع عرضي. شكل رقم (٢٩ ب).

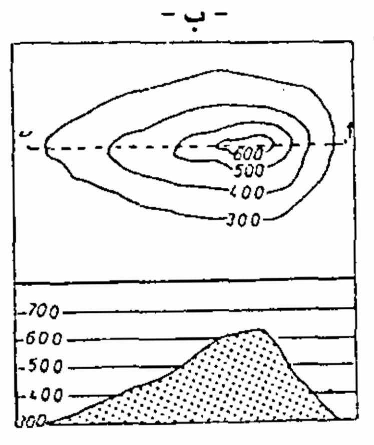


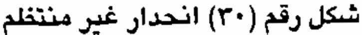
د – انحدار غير منتظم:

يكون ذا سطح غير واضح ولا يتخذ شكلاً معيناً بل قد تظهر أشكال الانحدارات السابقة في هذا النوع، وبعضها يكون سلمي الشكل، ولذلك تظهر الخطوط الكنتورية بشكل غير منتظم بين المتباعدة والمتقاربة وليست على وتيرة واحدة حسب طبيعة الانحدار وما يتضمنه من ارتفاعات وانخفاضات شكل رقم (٣٠ أ).

وقد يكون غير منتظم على جانبي المرتفع ولذلك يظهر المقطع العرضي لتلك السفوح بشكل غير منتظم شكل رقم (٣٠ ب)[٢].






شكل رقم (٣٠) انحدار غير منتظم

ثانياً: قياس الانحدارات:

يعتمد قياس المنحدرات على عنصري الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية وفيما يأتي توضيح لكل منهما: -

١ - الفاصل الرأسي:

هو الفرق في الارتفاع بين نقطتين تقعان على منسوبين مختلفين، أو بين خط كنتور وآخر، ويكون مقداره ثابتاً في الخريطة الكنتورية الواحدة وفق ما يتطلبه الوضع التضاريسي إذا كانت منطقة منخفضة أو مرتفعة، ذات انحدار بسيط أو شديد، ففي المناطق السهلية يكون الفاصل ام أو ٢م لعدم وجود تباين كبير بين أجزائه ارتفاعاً وانخفاضاً، بينما يكون الفاصل كبيراً في المناطق الجبلية والهضبية ويكون ما بين ٥م و ٥٠م في التلال التي تقل في ارتفاعها عن ١٠٠٠م أما في المرتفعات الجبلية التي تزيد عن ذلك فقد يكون ١٠٠ م أو ٢٠٠ حسب ما تتطلبه دراسة المنطقة.

٢ - المسافة الأفقية:

وهي المسافة التي تفصل بين خط وآخر على الأرض والتي تظهر على الخريطة بشكل أفقي بينما في الحقيقة هي مائلة أو منحدرة، وتتباين المسافة من مكان لآخر حسب شدة الانحدار إذ تكون قصيرة في الانحدارات الشديدة وطويلة في الانحدارات البطيئة، ويترتب على تباين المسافة الأفقية بين خط كنتوري وآخر اختلاف الزوايا رغم تساوي المسافة

الرأسية بين الخطوط، إذ تكون زاوية قائمة في المنحدرات الشديدة جداً وحادة في المنحدرات البطيئة شكل رقم (٣١).

إن توفير البياناتت الخاصة بكل من الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية يكون بطريقتين هما:-

أ - الطريقة المباشرة:

يقوم الباحث بتوفير تلك المعلومات من خلال الدراسة الميدانية وإجراء عمليات القياس بنفسه من خلال استخدام الأجهزة والمعدات الخاصة بذلك ويمكن أن يستعين بشخص أو جهة مختصة لمساعدته في تحقيق ذلك وكما يأتي:

شكل رقم (٣١) انواع زوايا الانحدارات حسب المسافة الافقية

١ - قياس المسافة الافقية :

أ - قياس الانحدارات المنتظمة :

إن قياس تلك الانحدارات عمل سهل وبسيط ويتم باستخدام المعدات والأجهزة المستخدمة في قياس المساحات مثل الجنزير والشريط المعدني أو القماش أو أجهزة المساحة الحديثة الآلية والالكترونية.

ب - قياس الانحدارات غير المنتظمة:

إن هذه السفوح تتضمن مظاهر مرتفعة وأخرى منخفضة وقد توجد فيها أجزاء منتظمة وعليه يتم تقسيم تلك السفوح إلى أقسام متجانسة ويقاس كل جزء على حدة وتجمع نتائج القياسات للحصول على مقدار المسافة الأفقية.

٢ - قياس الفاصل الرأسي:

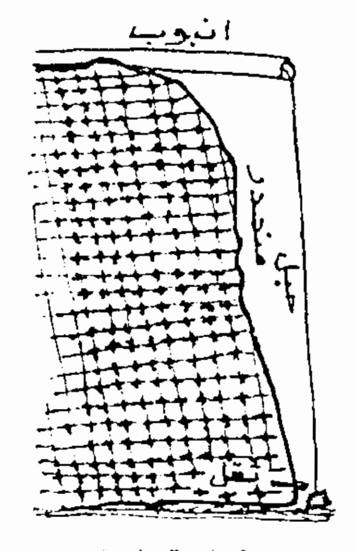
إن قياس الفاصل الرأسي أكثر صعوبة من المسافة الأفقية وحسب طبيعة الانحدار من حيث شدته وبطئه وكما يأتي:

أ - قياس الفاصل الرأسي في المنحدرات الشديدة:

يمكن استخدام طرق عدة في قياس ارتفاع المنحدرات الشديدة مثل استخدام شريط

قياس طويل أو سلك أو خيط ويوضع برأسه ثقل لكي يحافظ على استقامته إلى أسفل المنحدر. وإذا كان في المنحدر ميل بسيط في وسطه يمكن استخدام أنبوب طويل وخفيف الوزن فيدخل الخيط داخل الأنبوب ويدفع إلى الأمام ليكون بمستوى مقدار الميل ويأخذ الخيط وضعاً مستقيماً حتى أسفل المنحدر. شكل رقم (٣٢).

ب – قياس الفاصل الرأسي في المنحدرات البطيئة:

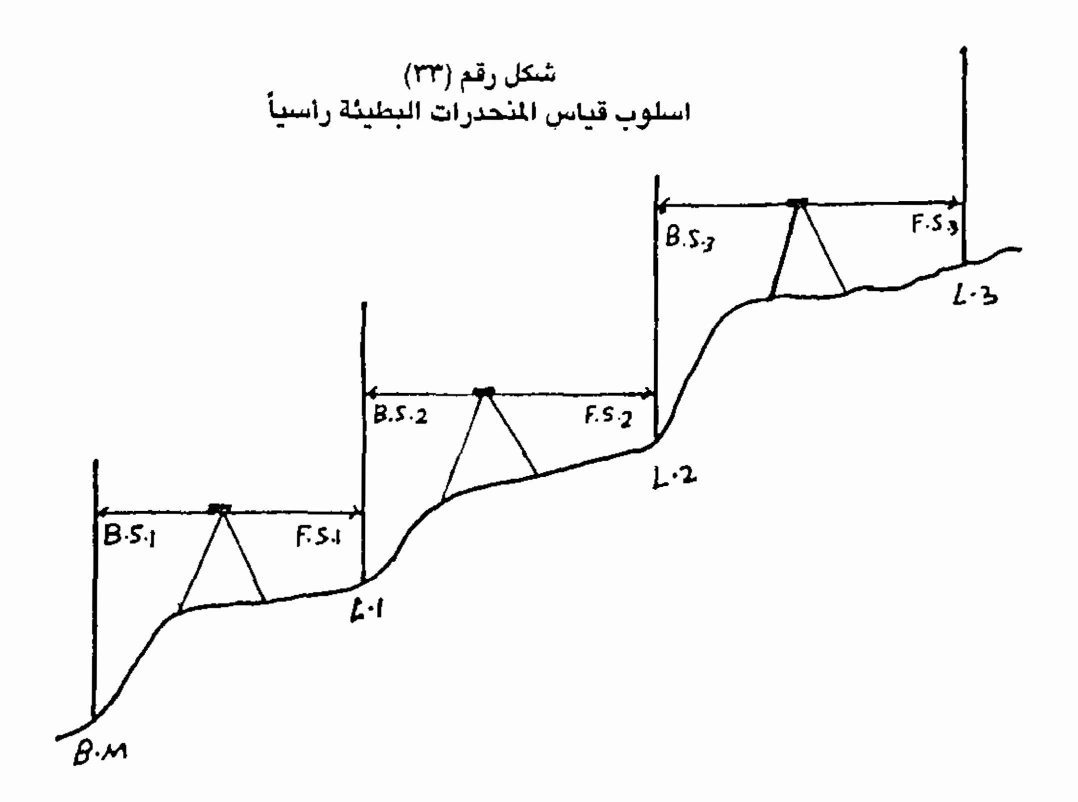


شكل رقم (٣٢)
قياس المنحدرات الشديدة

إن قياس الفاصل الرأسي في تلك المنحدرات ليست بالعملية البسيطة كما كان في النوع السابق، وبحتاج إلى استخدام أجهزة التسوية المتنوعة التي من أفضلها الاوتوماتيكية والالكترونية المستخدمة في قياس الأبعاد والمناسيب وخاصة الأوتوماتيكية التي أجريت عليها بعض التحسينات لزيادة الدقة في المعلومات مثل إضافة المايكرومتر إلى تلك الأجهزة، فجعلت قراءة المسافة الرأسية والأفقية أكثر دقة. إذ يمكن تحديد ارتفاع أي نقطة من خلال استخدام الجهاز الاوتوماتيكي. فعلى سبيل المثال قياس الفاصل الرأسي على المنحدر غير المنتظم كما في الشكل رقم (٣٣) إذ تتم قراءة منسوبين أمامي Fs وخلفي Bs ، وتضاف القراءة الخلفية بعد طرح القراءة الأمامية منها والتي تمثل ارتفاع الجهاز إلى منسوب النقطة التي تم القياس منها والمتمثل بالنقطة B.M في الشكل السابق والتي قد تكون صفر. وفي الشكل كان منسوب النقطة ٣٢.٥م وكانت قيمة Bs ٤م و Fs ١م ٤ – ١ = ٣م وعليه يكون ارتفاع النقطة L1 = ٣٢.٥ + ٣ = ٣٥.٥م .

وهكذا بقية النقاط حتى أخر المرتفع. ويمكن اختصار الطريقة بقياس الارتفاع أمامياً وخلفياً حتى آخر نقطة وتجمع القراءات الأمامية والخلفية وتطرح من بعضها فتمثل ارتفاع النقطة المراد قياسها(٣).

شكل رقم (٣٣)
اسلوب قياس المنحدرات البطيئة راسياً



ب – الطريقة غير المباشرة:

تعتمد طريقة القياس غير المباشرة للفاصل الرأسي والمسافة الأفقية على الخريطة الكنتورية الخاصة بمنطقة الدراسة، وكما يأتي:-

١ – قياس الفاصل الرأسي:

يمثل الخط الكنتوري مقدار ارتفاع النقطة التي يمر بها، وعليه يمثل عدد الخطوط بين نقطة وأخرى رأسياً مقدار الارتفاع فعل سبيل المثال النقطة أ تقع على خط صفر والنقطة ب على خط ٩٠ فيكون الفاصل ٩٠ وإذا كانت أ تقع على خط ٢٠ والنقطة ب على نفس الخط السابق ٩٠ فيكون الفاصل بين النقطتين ٩٠ – ٢٠ = ٧٠.

وكذلك من خلال ضرب عدد الخطوط في (X) ارتفاعها يمكن معرفة مقدار الفاصل الراسي مثال ذلك عدد الخطوط ٧ مقدار ارتفاع الخط ١٠.

∴ ٧ X ١٠ = ٧٠ .

٢ - قياس المسافة الأفقية:

إن قياس المسافة الأفقية بين نقطة وأخرى يعتمد على قياس رسم الخريطة الكنتورية الذي يوضح العلاقة بين المسافة على الخريطة والمسافة على الأرض فعلى سبيل المثال مقياس الرسم ١٠٠٠٠/١ أي كل ١سم = ١٠٠م على الأرض وكانت المسافة بين نقطتين على الخريطة ٥ سم ∴ المسافة على الطبيعة ٥ X ١٠٠ = ٥٠٠ م.

٣ - أنواع قياس الانحدارات:

١ - قياس معدل الانحدار:

يقاس معدل الانحدار من خلال العلاقة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية، أي

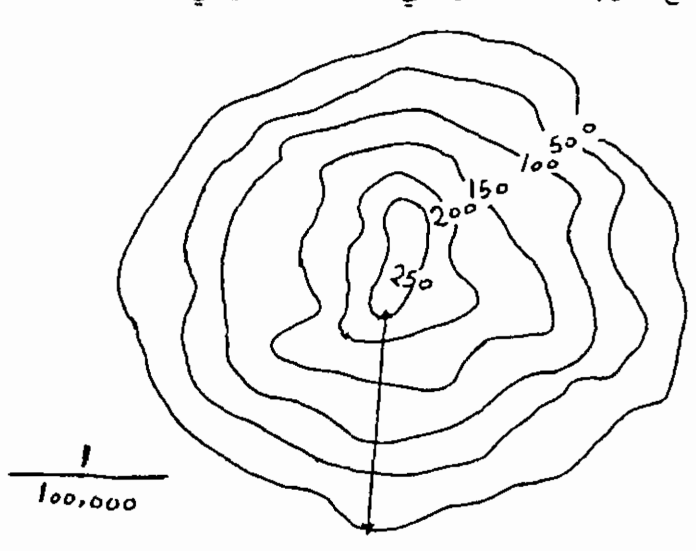
$$\text{معدل الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الافقية}}$$

مثال: أوجد مقدار معدل انحدار سفح جبل مرسوم على خريطة كنتورية رقم ٨ حيث كان الفاصل الرأسي ٢٥٠م والمسافة الأفقية ٢٥٠٠م

$$\therefore \text{معدل الانحدار} = \frac{٢٥٠}{٣٠٠٠} = \frac{١}{١٢}$$ أي كل ١٢م تنحدر ١ م.

٢ - نسبة الانحدار

يطبق القانون السابق مع ضرب الفاصل الرأسي x ١٠٠، وكما يأتي



خريطة كنتورية
رقم (٨)

$$\text{نسبة الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الافقية}} \times ١٠٠$$

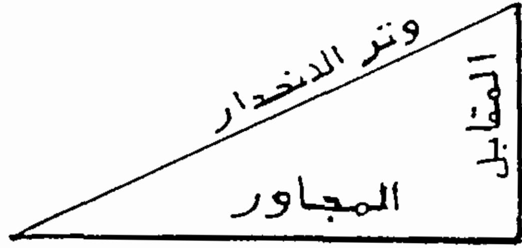
$$\text{ومن المثال السابق نسبة الانحدار} = \frac{٢٥٠}{٣٠٠٠} \times ١٠٠ = ٨.٣٣\%$$

٣ - درجة الانحدار:

تقاس درجة الانحدار بطريقتين هما:

أ - ظل الزاوية وهي ناتجة من العلاقة بين المقابل والمجاور $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

والمقابل يعني الفاصل الرأسي والمجاوز المسافة الأفقية فيكون الشكل الناتج عن تلك العلاقة مثلث (شكل رقم ٣٤).



شكل رقم (٣٤) مثلث يوضح العلاقة بين المقابل المجاور

$$\text{فظل الزاوية من المثال السابق} = \frac{٢٥٠}{٣٠٠٠} = ٠.٠٨٣ = ٨.٣٣\%$$

ومن خلال جداول خاصة توضح مقدار الدرجة المساوي لكل قيمة خاصة بظل الزاوية.

ب - تطبيق القانون الآتي: $\text{درجة الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي} \times ٥٧.٣}{\text{المسافة الافقية}}$

ومن الجدير بالذكر أن ٥٧.٣ رقم ثابت ويتم تقريبة في كثير من الأحيان إلى ٦٠ لتسهيل العمليات الحسابية، ومن المثال السابق درجة الانحدار = $\frac{٢٥٠ \times ٦٠}{٣٠٠٠} = ٥$

جـ - استخدام جهاز Clinometer.

يستخدم هذا الجهاز في قياس درجة الانحدار ويعد من أبسط أنواع الأجهزة

المستخدمة لهذا الغرض، وهو عبارة عن نصف دائرة تتحرك حول محور وتكون حركتها ما يساوي ٩٠ إلى الأعلى و ٩٠ إلى الأسفل ولهذا يقيس من الأسفل إلى الأعلى ومن الأعلى إلى الأسفل. كما يتضمن الجهاز عتلة تتحكم بالحركة وناظور صغير ويحتاج استخدامه إلى قامة مدرجة للقياس باتجاهها وحسب موقعها على السفح المراد قياس درجة انحداره.

ومن الجدير بالذكر أنه يمكن الاستفادة من القانون الذي يستخدم في إيجاد درجة الانحدار الذي مر ذكره في معرفة مقدار الفاصل الرأسي أو المسافة الأفقية إذا كان أحدهما مجهولاً وكما يأتي:

أ - إيجاد الفاصل الرأسي = $\frac{\text{درجة الانحدار} \times \text{المسافة الافقية}}{٦٠}$

ومن المثال السابق = $\frac{٣٠٠٠ \times ٥}{٦٠}$ = ٢٥٠ م

ب - إيجاد المسافة الأفقية = $\frac{\text{الفاصل الرأسي} \times ٦٠}{\text{درجة الانحدار}}$ ومن المثال السابق = $\frac{٢٥٠ \times ٦٠}{٥}$ = ٣٠٠٠

أساليب قياس العقبات التي تواجه قياس المسافات الأفقية:-

يواجه قياس المسافات بعض المعوقات والعقبات التي تتطلب معالجات مناسبة لإكمال القياس وحسب نوعية المعوق وكما يأتي:

١ - عائق يعترض القياس فقط:

ويعني ذلك وجود مانع أو عائق يحول دون قياس جزء من المسافة المطلوب قياسها مثل مستنقع، فيمكن التغلب على هذه المشكلة من خلال ما يأتي:

أ - رسم خط يمثل طول المسافة المراد قياسها أ و ب

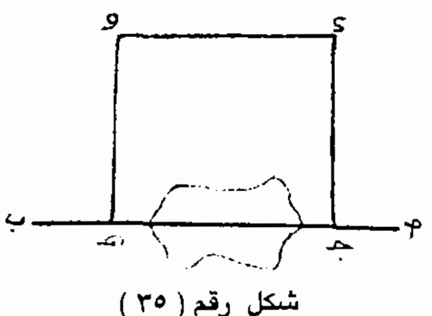
ب - تحديد نقطتين على جانبي المعوق مثل جـ و هـ.

جـ - رسم عمودين من النقطتين السابقتين إلى الأعلى وهما جـ د و هـ و.

د - رسم خط من د الى و ويكون موازياً للمسافة التي يشغلها العائق.

شكل رقم (٣٥).

٢ - عائق يعترض الرؤية (التوجيه) فقط:



شكل رقم (٣٥)
اسلوب قياس عائق يعترض القياس

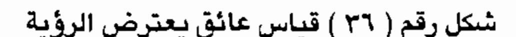
ويتمثل ذلك بوجود منحدر قبابي أو تلي مرتفع ولغرض تجاوز ذلك يتبع ما يأتي:-

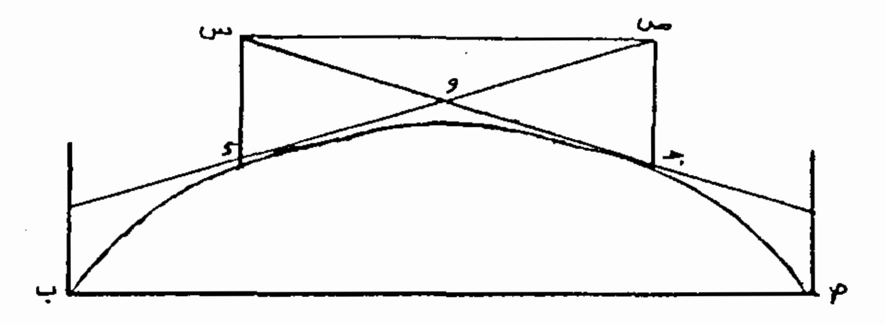
أ - رسم خط يمثل المسافة المراد قياسها مثل أ ب

ب - تحديد نقطتين على جانبي الظاهرة وهي جـ و د.

جـ- مد خطين من النقطتين جـ ود يمران من جانبي الظاهرة وبشكل مائل حتى يتقاطع الخطان عنده ويستمر الخطان في امتدادهما حتى يصل جـ إلى س ود إلى ص بحيث تكون نقطة التقاطع منتصف امتداد الخطين.

د - رسم خط بين س وص والذي يكون مساوياً لما يشغلة العائق[٤] شكل رقم (٣٦).


شكل رقم (٣٦) قياس عائق يعترض الرؤية



٣ - عائق يمنع القياس والتوجه معاً:

تعد المباني من العوائق التي تعترض قياس المسافات الأفقية ويمكن التغلب على هذه المشكلة باستخدام نفس الأسلوب في الطريقة الأولى.

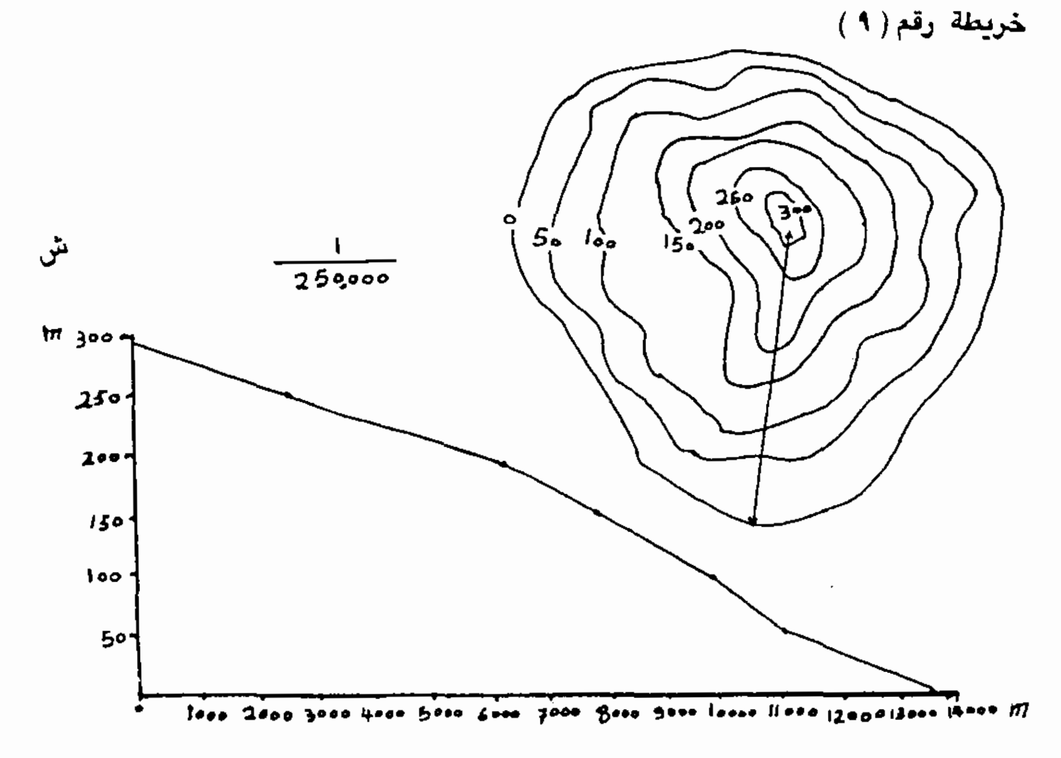
ثالثاً: تمثيل الانحدارات نوعياً وكمياً:

١ - رسم مقطع طولي للمنحدر:

المقطع الطولي للمنحدر هو خط بياني يوضح طبيعة المنحدر من حيث الشدة والاعتدال والبطء، ويعتمد ذلك على الخريطة الكنتورية المتوفرة لتلك السفوح. لمعرفة الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية بين الخطوط.

مثال ارسم مقطعاً طولياً لسفح تل كما مؤشر في الخريطة رقم (٩) علماً بأن مقياس رسم الخريطة الكنتورية $\frac{١}{٢٥٠٠٠٠}$ ومن خلال استنباط المعلومات الخاصة بالمسافة الأفقية والرأسية من الخريطة الكنتورية يكون المنحدر كما في الشكل رقم (٣٧).

خريطة رقم (٩)



٢ – تمثيل الوضع التضاريسي لسطح الأرض:

إن تمثيل الوضع التضاريسي لسطح الأرض يعد ذا أهمية كبيرة في مجالات مختلفة كالطرق والعمران والسدود والخزانات وذلك لتوضيحه طبيعة انحدار سطح الأرض في أي موضع، وهنالك طرق مختلفة للقيام بذلك وكما يأتي:

أ – طريقة سميث :

توضح هذه الطريقة طبيعة التضاريس المحلية في أي مكان، إذ طبق ذلك سميث على ولاية أوهايو الأمريكية فقام بتقسيم الخريطة الكنتورية الخاصة بالولاية إلى مستطيلات مساحة كل واحد منها على الطبيعة ٤.٤ x ٦.٧٥ ميل أما على الخريطة فحسب مقياس رسم الخريطة الذي كان ١/٦٠٠٠٠٠ ثم قام بحساب الفرق بين أعلى وأدنى نقطة في كل

مستطيل، وثم توصيل القيم المتساوية بخطوط التساوي وبفاصل رأسي مقداره ١٠٠ قدم، وجرى تظليل المناطق المتشابهة فظهرت ثماني مناطق متميزة عن بعضها بالارتفاع وبفارق ١٠٠ قدم بين منطقة وأخرى. خريطة رقم (١٠).

كما أوجد سميث نسبة مساحة كل منطقة من المساحة الكلية للولاية، وتم تحديد طبيعة توزيع التضاريس من جبال وسهول في الولاية[٥]

ب - طريقة رويس وهنري:-

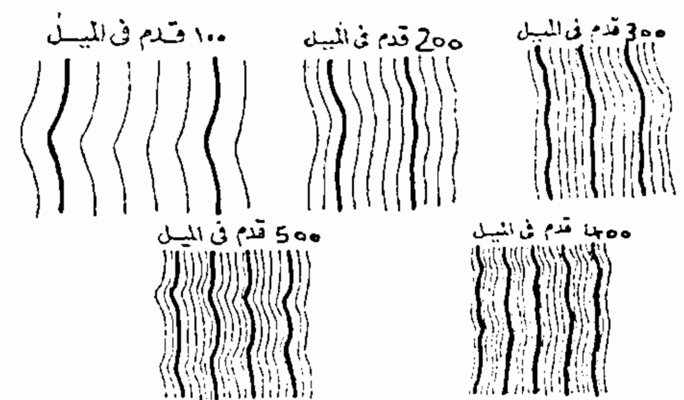
إن الطريقة التي اتبعها هذان الباحثان هي تقسيم الخريطة إلى أقسام صغيرة على أساس كثافة خطوط الكنتور في كل قسم منها فعلى سبيل المثال مقياس رسم الخريطة ١/٦٣٣٦٠ أي بوصة/ميل

وكان ضمن البوصة الواحدة خمسة خطوط كنتورية (البوصة = حوالى ٢,٥ سم وكان مقدار الفاصل الرأسي بين خط وآخر ٢٠ قدم وبما أن عدد الخطوط ٥ لذا يكون مقدار الارتفاع ٢٠ x ٥ = ١٠٠ قدم كل ميل، وكلما زاد عدد الخطوط في البوصة الواحدة يزداد مقدار الفاصل الرأسي، فإذا كان عدد الخطوط ١٠ يكون الفاصل ١٠ x ٢٠ = ٢٠٠ قدم/ميل وهذا يعني كلما زاد عدد الخطوط المارة في البوصة الواحدة زاد الانحدار،

خريطة رقم (١٠) تمثل الوضع التضاريسي في ولاية أوهايو الأمريكية

(د . محمد حمد سطيحة، علم الخرائط، ص ٨٨)

وتتوقف طبيعة انحدار أي منطقة على ما تتضمنه من تضاريس.

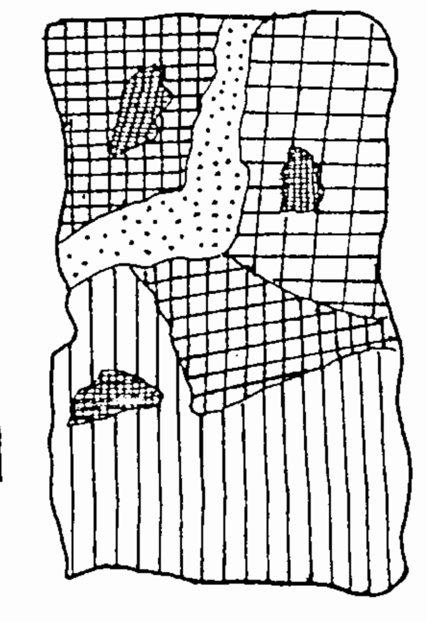


شكل رقم (٣٨)
الخطوط الكنتورية حسب الكثافة في الميل الواحد

وبعد الانتهاء من تحديد طبيعة انحدار كل منطقة وإظهار أوجه التشابه والاختلاف ضمن المنطقة الواحدة وبين منطقة وأخرى يتم تظليلها بشكل يتناسب مع كثافة الخطوط الكنتورية، شكل رقم (٣٨). ويمكن تحويل تلك الخطوط إلى درجات انحدار حتى تكون الخريطة معبرة عن طبيعة سطح الأرض[٦] خريطة رقم (١١).

جـ - طريقة روبنسون:

تعتمد هذه الطريقة على الخريطة الكنتورية لمنطقة الدراسة ويتم تقسيم تلك المنطقة إلى مربعات صغيرة المساحة وتقل إلى أقل من ربع ميل ٢ لغرض الدقة في المعلومات، وتسجل داخل كل مربع قيمة الخطوط الكنتورية المارة به، وإذا وقع المربع بين خطي كنتور دون أن يمرا به يدون داخل المربع متوسط قيمة الخطين الذين يقع بينهما، وبعد الانتهاء من

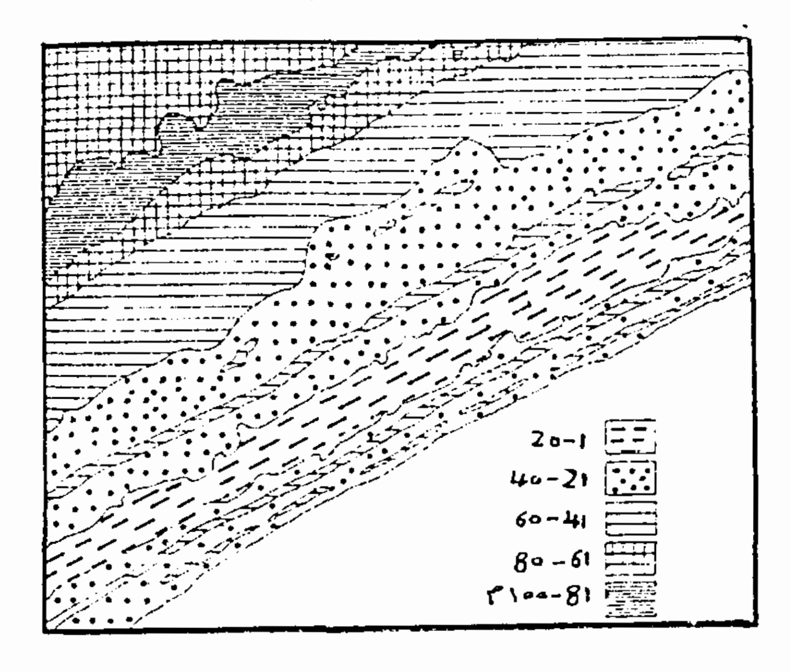


خريطة رقم (١١) الانحدارات حسب المعدل في الميل الواحد

تدوين كل القيم داخل جميع المربعات التي تغطي الخريطة يجري تصنيف القيم المتشابهة داخل المربعات من أعلى إلى أدنى قيمة، وبعد تحديد عدد القيم المتدرجة يجري تظليل مواقع تلك القيم بشكل متدرج يتناسب مع تدرج تلك القيم بحيث تكون أعلى القيم كثيفة التظليل وأقلها ضعيفة التظليل.

وبعد ذلك تتم إزالة المربعات فتظهر المنطقة بشكل مجسم حسب طبيعة الوضع الطوبوغرافي في المنطقة ويتناسب مع امتداد خطوط الكنتور.

وقد طبقت هذه الطريقة على جزء من إقليم مريوط غرب الاسكندرية في مصر، إذ تظهر المنطقة واضحة المعالم حسب طبيعة تضاريسها خريطة رقم (١٢) (٧).



خريطة رقم (١٢)
تمثل الانحدارات
نوعياً بواسطة
التظليل.

رابعاً: المشاكل التي تتعرض لها المنحدرات:

إن عملية الانهيار والزحف والانزلاقات الأرضية والهبوط من أهم المشاكل التي تتعرض لها المنحدرات والتي تعد ذات عواقب وخيمة على الإنسان ونشاطاته المختلفة فوق تلك المنحدرات والمناطق التي تقع أسفلها والتي لا تقتصر على المناطق الواقعة أسفل تلك المنحدرات على نطاق محدود بل يشمل مناطق واسعة وعلى مسافة تقل إلى عدة كيلومترات وخاصة عند حدوث الانهيارات السريعة والتي يترتب عليها مجار طينية والتي تحدث في

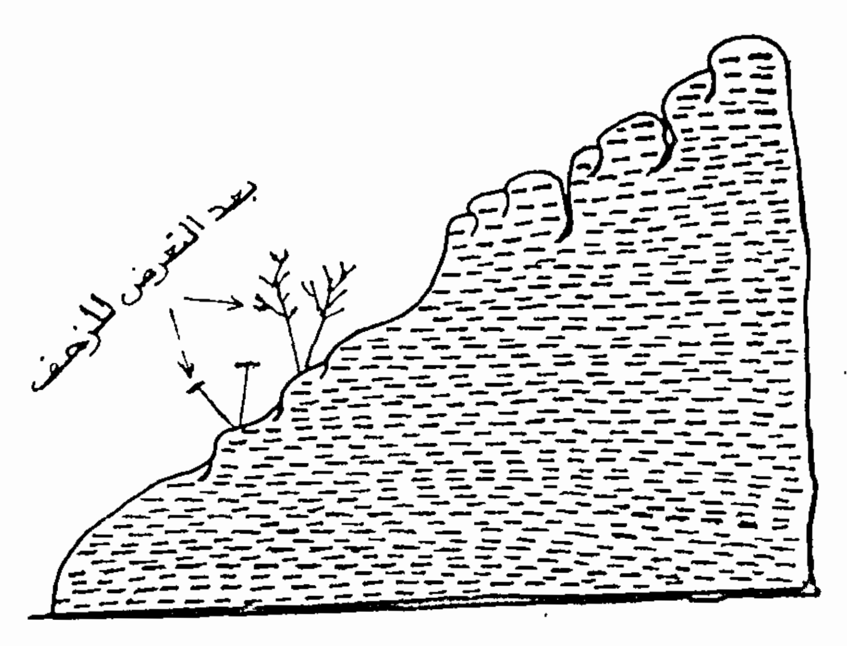
المناطق الرطبة ذات التكوينات الهشة التي تتشبع بالمياه بسرعة. كما تساعد طبيعة المنطقة على تكون مجار مائية على السفوح فتؤدي إلى زيادة عمليات التعرية والتجوية وخاصة في التكوينات الضعيفة التماسك تاركة التكوينات الصلبة مؤهلة للانهيار عند توفر الظروف التي تحقق ذلك.

وقد تعرضت عدة مناطق في العالم إلى تلك المشاكل منها ما حدث في دولة المغرب عام ١٩٨٨ في مدينة فاس، الذي تسبب في وفاة ٥٠ شخصاً، كما حدث في مدينة ريو دي جانيروا الجبيلة الذي أدى إلى وفاة ٢٧٧ شخصاً وتشريد أكثر من ١٨٠٠٠ شخص فضلاً عن الخسائر المادية [٨] وعلى العموم تحدث تلك العمليات بإشكال وأوضاع مختلفة على السفوح وكما يأتي:-

١ - الانهيارات الأرضية البطيئة (الزحف creep)

يعني الانهيار الأرضي البطيء زحف التربة والمفتتات الصخرية على طول سفوح الجبال ومنحدراتها بصورة بطيئة، أو قد يكون على شكل كتل صخرية منفردة تتحرك بشكل بطيء على سفح الجبل أو الهضبة أو الوادي، ويكون هذا واضحاً في السفوح التي تغطيها تكوينات من مفتتات الصخور والتربة والتي تتشبع بالماء دون حدوث مجار فيها، إذ تزحف التربة وركام السفوح والجليد والصخور من الأعلى إلى وسط أو أسفل السفوح[٩] وقد لا يتحسس الإنسان ذلك إلا أن آثارها تظهر واضحة على الأشجار وأعمدة التلغراف وأسيجة الأبنية التي تميل عن وضعها الطبيعي. وكثيراً ما تتعرض الأبنية إلى التشقق وربما تؤدي العملية إلى تحرك الأبواب والشبابيك واختلال توازنها ولذلك تفقد مرونة حركتها. ومن آثار عمليات الانهيار ظهور حافات صغيرة ومنخفضات غير محددة المجاري على طول المنحدرات التي تحدث فيها الانهيارات، كما تتعرض بعض السفوح إلى التشقق في تكويناتها وخاصة في المناطق ذات التكوينات غير المتجانسة من حيث نوع التكوينات وصلابتها.

فضلاً عن وجود كتل صخرية منهارة أسفل تلك المنحدرات أو على امتدادها من الأعلى والأسفل حسب طبيعة انحدار تلك السفوح والموضع الذي تتحرك منه تلك الصخور. شكل رقم (٣٩)



شكل رقم (٣٩) زحف مكونات السفوح وتشققها

٢ - الانهيارات السريعة:

تحدث تلك الانهيارات في السفوح التي تتكون من رواسب هشة طينية ترتكز على طبقات صلبة وتكون ذات سمك كبير بحيث عند تشبعها بالمياه تكون ثقيلة الوزن ويقل تماسكها، ويسهم في ذلك مسامية تلك التكوينات عندما تكون عالية فتسمح بتسرب كميات كبيرة من المياه داخل تلك التكوينات كما تؤدي نفاذيتها الجيدة إلى تحرك المياه خلالها باتجاه انحدار السفوح وهذا يقلل من التماسك بين التكوينات الطينية والطبقات الصخرية التي تحتها ولذلك تنهار وتتحول إلى مجار طينية واضحة المعالم على طول السفوح التي تحدث عليها والتي تكون على شكل تدفقات طينية سريعة تعمل على تدمير كل ما يعترض طريقها من عمران ومنشآت ومشاريع.

وعلى العموم تحدث هذه الظاهرة عند توفر الشروط الآتية:-

أ - وجود تكوينات غير متماسكة سريعة التشبع بالماء.

ب - سفوح شديدة الانحدار.

جـ- أمطار غزيرة وفجائية وعلى فترات متقطعة.

د - ندرة الغطاء النباتي[١٠].

ومن الجدير بالذكر أن ظاهرة الانهيارات السريعة لا تقتصر فقط على المناطق الجبلية وسفوح الهضاب والأودية بل تحدث في الأجراف البحرية والنهرية المرتفعة الشديدة الانحدار التي تتعرض إلى تأثير الأمواج في البحار وقوة تيار الماء في الأنهار فتعمل على تعرية الطبقات السفلية وتقويضها فتنهار التي فوقها سواء كانت على شكل كتل صخرية أم تكوينات متباينة من الجلاميد والحصى والطين حسب نوع مكونات السواحل البحرية وضفاف الأنهار شكل رقم (٤٠) وتظهر بشكل واضح في الأنهار عند الفيضان إذ ترتفع مناسيب المياه وتزداد سرعتها وقدرتها على التعرية خاصة عندما يتركز اتجاه التيار على منطقة معينة من الضفاف فتزداد فيها عمليات التعرية والانهيار والتراجع بشكل سريع في التكوينات الضعيفة التماسك.

شكل رقم (٤٠) التعرية البحرية في مناطق متباينة الانحدار.

٣- الانزلاقات الأرضية:

تحدث هذه الظاهرة في المناطق الجافة والرطبة وعلى مختلف السفوح إلا أنها تكون على نطاق واسع على السفوح الشديدة الانحدار إذ تتحرك أو تتدحرج كتل كبيرة من الصخور المنفصلة عن التكوينات التي كانت مرتبطة بها بعد أن أثرت عليها عمليات التجوية والتعرية خاصة التي تتضمن شقوق وانكسارات ومفاصل، وتكثر في السفوح التي يكون فيها ميل الطبقات نحو انحدار السفوح. وقد تؤدي هذه الظاهرة في المناطق الجبلية المطلة على مجار نهرية إلى تكون سدود في تلك المجاري فتعمل على حجز المياه أمامها مكونة بحيرة طولية وتظهر هذه الظاهرة بشكل متميز في المرتفعات التي تتعرض إلى الثلوج في فصل البرودة وذوبانها في فصل الحرارة فتعمل عمليات الانجماد والذوبان على تفكك التكوينات الصخرية بسرعة فتحدث عمليات الانزلاق على نطاق واسع في مثل تلك المرتفعات. وعلى العموم تسهم في حدوث انزلاقات عوامل عدة منها ما يأتي:-

أ - وجود طبقات صخرية وتكوينات ضعيفة غير متماسكة على السفوح.

ب – امتداد طبقات صخرية فوق تكوينات ضعيفة.

جـ – وجود مستويات تطبيق وفواصل وصدوع ذات ميل شديد.

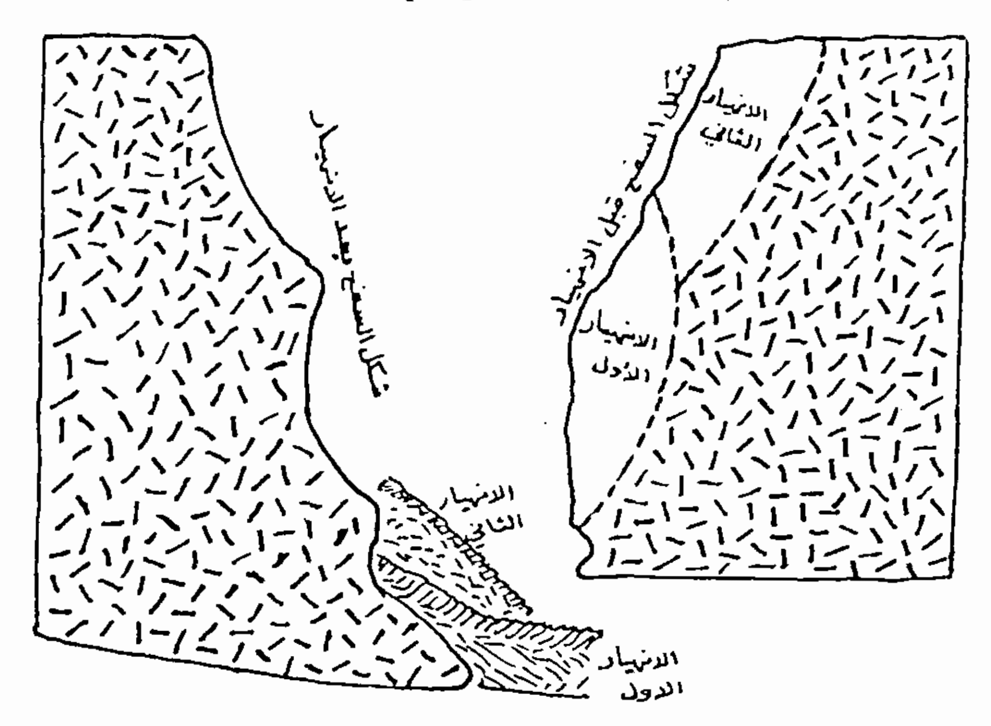
د – سفوح ذات انحدار شديد.

هـ – تنوع مناخي كالحرارة والأمطار والثلوج.

و – قلة الغطاء النباتي.

وقد تؤدي الانزلاقات الأرضية والانهيارات إلى تغير شكل السفوح فتكون أكثر انحداراً مما كانت عليه، شكل رقم (٤١).

شكل رقم (٤١) تغير شكل السفوح التي تتعرض للإنهيار

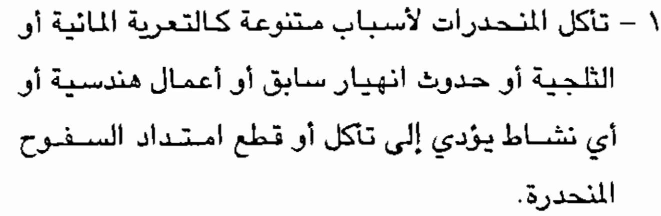


٤ – الهبـــوط:

تتعرض بعض المناطق في سفوح المرتفعات إلى عمليات هبوط فتتكون كهوف وحفر ذات أشكال متباينة حسب الوضع الذي توجد فيه التكوينات الهشة القابلة للذوبان ضمن التكوينات الصلبة، وقد تكون هذه الظاهرة واضحة على بعض السفوح في حين لا تظهر

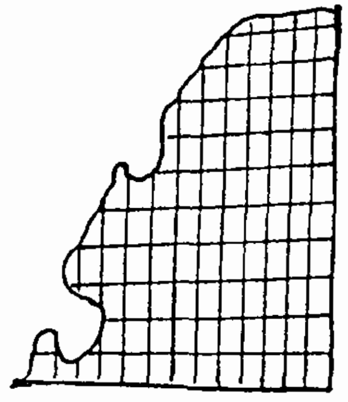
في بعض المناطق إلا بعد إزالة التكوينات السطحية، وتعد هذه الحالة أكثر خطورة من السابقة على المشاريع والمنشآت التي تقام فوق تلك المناطق لأن الأولى ظاهرة للعيان والثانية غير ظاهرة أو واضحة، وعند تعرضها للرطوبة فترة طويلة يحدث الهبوط، بينا كانت سابقاً مغطاة بتكوينات لا تسمح بوصول المياه إليها وحتى إذا وصلتها فتكون بكميات قليلة لا تؤدي إلى هبوط تلك التكوينات. شكل رقم (٤٢)

العوامل التي تساعد على حدوث الانهيارات والانزلاقات:



١ – تآكل المنحدرات لأسباب متنوعة كالتعرية المائية أو الثلجية أو حدوث انهيار سابق أو أعمال هندسية أو أي نشاط يؤدي إلى تآكل أو قطع امتداد السفوح المنحدرة.

٢ – تحميل المنحدرات أكثر من قدرتها مثل إقامة الأبنية والمنشآت أو تجمع الكتل المنهارة من الأعلى أو الثلوج ومياه الأمطار الغزيرة فوق تلك السفوح، وقد تؤدي الأمطار إلى تشبع تكوينات تلك السفوح بالماء وزيادة وزنها[١٢].



شكل رقم (٤٢) هبوط بعض المناطق في سفوح المرتفعات.

٣ – ارتفاع نسبة المياه في الطبقات والتكوينات السطحية وتحت السطحية لمكونات السفوح التي تعمل على إضعاف تماسك تلك التكوينات وزيادة انفصال وانزلاق أجزاء منها على الأسطح الملساء التي تفصل بين الكتل الصخرية.

٤ – التعرض إلى هزات أرضية ناتجة عن أسباب عدة، منها التفجيرات التي تستخدم في قلع الصخور من وسط أو أسفل المنحدرات لغرض استخدام تلك المنطقة في نشاط معين حيث ينتج عن ذلك تفكك الصخور ويقلل من تماسكها واستقرارها.

٥ – تأثر عناصر المناخ المختلفة من حرارة ورطوبة وتساقط بأنواعة ورياح وما يترتب على ذلك من تعرية وتجوية.

٦ – تباين الامتداد الطبقي لمكونات السفوح إذ تمتد طبقة صلبة فوق طبقة طينية أو ضعيفة تسهل عملية الانزلاق[١٣].

٧ – وجود الشقوق والفواصل بكثرة في الطبقات الصخرية والتي تسهم في تنشيط عمليات التعرية والتجوية، وقد تؤدي إلى تحويل بعض المعادن الأصلية إلى معادن طينية لها القابلية على امتصاص المياه والانتفاخ مثل معدن المنتمورولنايت فتتحول إلى مادة صابونية تزيد من سرعة الانزلاق عند سقوط الأمطار بكميات غزيرة، إذ يكون الانهيار أو الانزلاق مفاجئاً ومدمراً[١٤].

٨ – قلة الغطاء النباتي على السفوح:

٩ – طبيعة امتداد الطبقات الصخرية ومكونات السفوح:

تتخذ تكوينات السفوح أوضاعاً مختلفة من مكان لآخر وضمن السفح الواحد من الأعلى إلى الأسفل، ولهذا تتباين في تعرضها إلى عمليات الانهيار والانزلاق والهبوط. ومن الأشكال التي تتخذها الطبقات الصخرية ومكونات السفوح ما يأتي:-

أ – الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية:

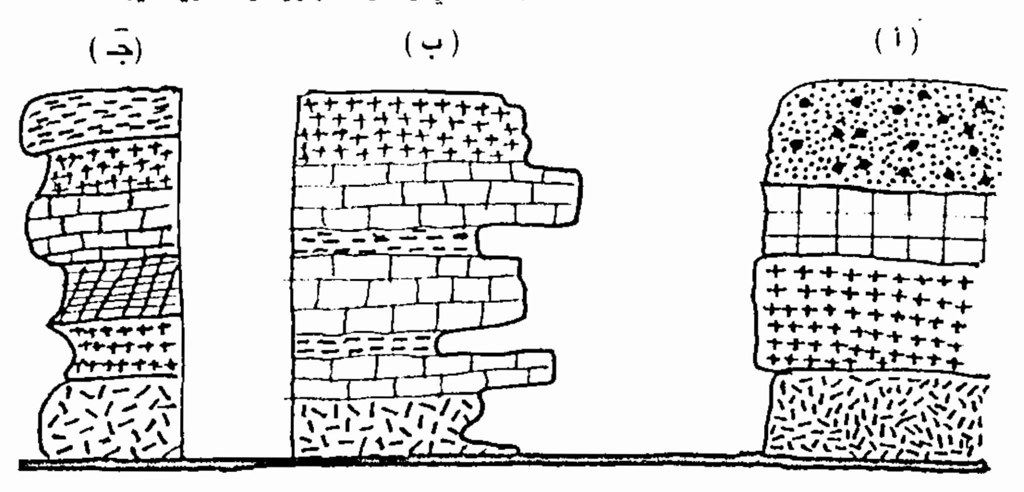
تتخذ الطبقات الصخرية في بعض السفوح الوضع الأفقي رغم تباين خصائصها الفيزيائية والكيميائية التي تنعكس آثارها على مدى صلابتها واستجابتها لعمليات التعرية والتجوية، ويظهر ذلك واضحاً في الأودية الانكسارية والسفوح المقطوعة شكل رقم (٤٣ أ) إذ تظهر الطبقات بشكل متعرج الشديدة الصلابة تكون بارزة والضعيفة متراجعة،وقد يؤدي التراجع الكبير في الطبقات الضعيفة إلى انهيار الطبقات الصلبة التي تقع فوقها عندما تصل إلى حد لا تستطيع المحافظة على تماسكها بالطبقة الأصلية وأزيلت الطبقة التي ترتكز عليها. شكل رقم (٤٣ ب)

وقد تكون الطبقات الصخرية جميعها ضعيفة فيكون التراجع واضحاً في تلك التكوينات مقارنة بما يحيط بها أو المجاورة لها. أو قد تكون الطبقات صلبة ويكون تأثير عمليات التجوية والتعرية عليها محدوداً لذا تظهر بشكل شبه منتظم وقليل التعرج شكل رقم (٤٣ جـ).

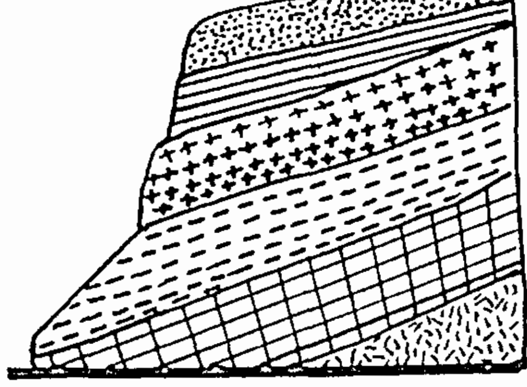
ب – امتداد الطبقات الصخرية الأصلية بشكل مائل باتجاه المنحدر

تمتد بعض الطبقات الصخرية بشكل مائل مع المنحدر وهي ذات مخاطر كبيرة على المشاريع التي تقام فوق تلك الصخور، وذلك لتعرضها إلى عمليات الانزلاق والانهيار أكثر

شكل رقم (٤٣) امتداد الطبقات الصخرية الأفقي وأثار التجوية والتعرية فيها.



من النوع السابق إذ يسهل ميل الطبقات انزلاقها وانهيارها وخاصة في المناطق الرطبة الغزيرة الأمطار كما تسهم عمليات قطع بعض أجزاء تلك السفوح في تأهيلها إلى الانهيار أو الانزلاق شكل رقم (٤٤).

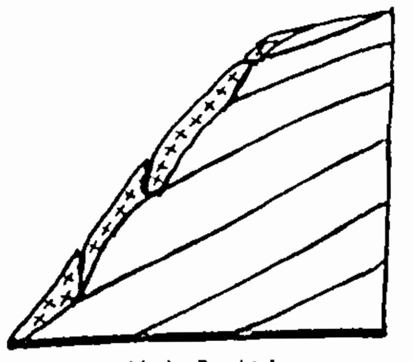

شكل رقم ٤٤ ميل الطبقات باتجاه المنحدر.

جـ - امتداد الطبقة السطحية بشكل مائل مع المنحدر

توجد في بعض السفوح طبقة صخرية تغطي التكوينات الأصلية بغض النظر عن طبيعة امتدادها، وتكون طبقة غير سميكة لذا تتعرض إلى التشقق والتكسر بسهولة وتتحول إلى كتل مختلفة الأحجام وجاهزة للانهيار والانزلاق عند توفر الظروف الملائمة. ومع كل ذلك فهي تعمل على حماية الطبقات التي تحتها من تأثير عمليات التعرية والتجوية إلا على نطاق محدود. إلا أن ما يزيد من مخاطرها هو قطع امتدادها لأي سبب كان، فتصبح الكتل التي تقع فوق الأجزاء المقطوعة مؤهلة للانهيار والانزلاق بسهولة ولذلك تكون المنشآت والمشاريع التي تقع أسفلها مهددة بالخطر. شكل رقم (٤٥).

د – امتداد الطبقات الصخرية بشكل معاكس لميل المنحدر:

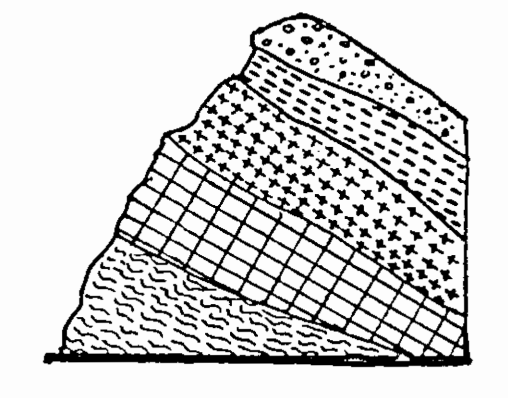
تأخذ بعض الطبقات الصخرية وضعاً مختلفاً تماماً عن الأوضاع السابقة ويكون بشكل معاكس لانحدار السفوح وتعتبر أقل خطورة من الأنواع السابقة. ويظهر هذا النوع في المناطق التي تسمى الكويستات التي تكون ذات سفوح شديدة الانحدار عند نهايتها وتكون بطيئة الانحدار في سطحها وباتجاه معاكس لانحدار السفوح وذلك لامتداد الطبقات الصخرية بهذا الاتجاه. وتعد مثل تلك السفوح أقل خطورة من الأنواع السابقة. شكل رقم (٤٦).



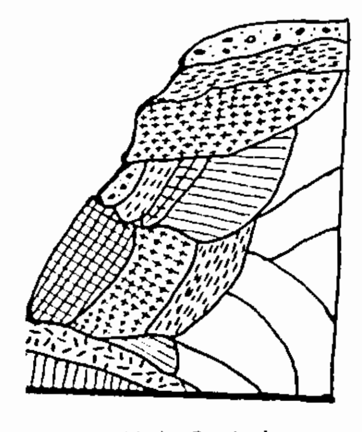
شكل رقم (٤٥)
ميل الطبقة السطحية مع الانحدار.

هـ – امتداد الطبقات الصخرية غير المنتظم :

تظهر الصخور في بعض السفوح بشكل غير منتظم متخذة أوضاعاً متباينة فبعضها توجد بوضع أفقي وأخرى بوضع عمودي وبعضها في وضع مائل وذلك لتأثرها بعمليات الالتواء أو الحركات الأرضية. وقد لا تظهر هذه الحالة على سطح السفوح بشكل واضح إلا عندما تقطع أو ترفع الطبقة العليا. وتعد مثل تلك السفوح غير مستقرة وتتعرض إلى مخاطر كثيرة. شكل رقم (٤٧).



شكل رقم (٤٦)
ميل الطبقات عكس الانحدار



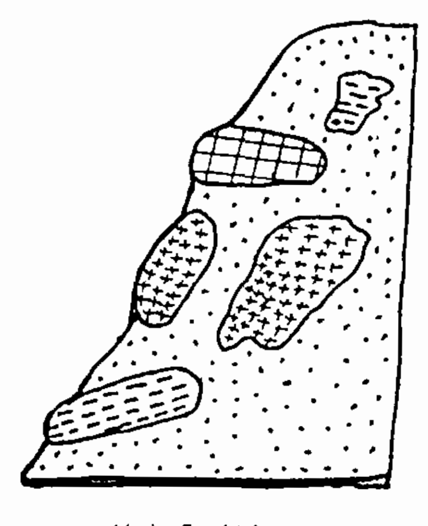
شكل رقم (٤٧)
امتداد الطبقات الصخرية غير المنتظم

و - الكتل الصخرية المبعثرة:

تتكون بعض السفوح من تكوينات متنوعة من الطين والمفتتات الصخرية والجلاميد وتتخللها كتل صخرية بشكل مبعثر ولا تمتد بشكل طبقات وتتخذ تلك الكتل أوضاعاً متباينة مائلة وأفقية ورأسية وقد تظهر واضحة في بعض السفوح على سطحها في حين لا تظهر في سفوح أخرى إلا عند إزالة الطبقة السطحية. وتعد تلك الكتل أكثر عرضة للانهيار والانزلاق لأنها غير مستقرة وغير متماسكة ولذلك تشكل خطراً على المنشآت والمشاريع التي تقع أسفل تلك السفوح. شكل رقم (٤٨).

أساليب الحد من مخاطر الانهيارات والانزلاقات:

١ - تقليل كمية الرطوبة في تربة المنحدرات ومكوناتها المختلفة بواسطة حفر خنادق كونكريتية أو مد أنابيب لنقل المياه من أعلى السفوح إلى أسفلها. أو حفر آبار عميقة لتجميع المياه من المناطق المحيطة بها ومن ثم سحبها وضخها خارجاً. أو من خلال تغطية تلك السفوح بمواد غير نفيذة كالاسمنت أو الأسفلت أو أي مادة كيميائية تزيد من تماسك المواد المفككة السطحية وتقلل من مساميتها وتسرب المياه إلى داخلها.



شكل رقم (٤٨)
الكتل الصخرية المبعثرة

٢ - إقامة جدران ساندة أسفل السفوح وأعلى المنشآت والمشاريع التي توجد على السفوح أو أسفلها للحيلولة دون وصول الكتل الصخرية المنهارة إليها، ويتوقف ذلك على طبيعة المنحدر وربما لا يسمع وضعه الطبيعي بإقامة الجدران[١٥].

٣ - تسوية أو تعديل المنحدرات لتقليل درجة انحدارها من خلال قشط المناطق المرتفعة ودفن المناطق المنخفضة، أو عمل مصاطب صخرية تستقر عليها الكتل الصخرية الساقطة من الأعلى، إلا أنه يجب تنظيم عملية تصريف المياه عبر كل مصطبة لغرض

التخلص من آثار التعرية وما يترتب على ذلك من مشاكل.

٤ – مد أسلاك شائكة أو أسلاك مشبكة (B.R.C) وتكون على شكل خطين متوازيين وعلى مسافة قصيرة بينهما لا تتجاوز نصف متر ويملأ سطها بالجلاميد أو الحجارة أو قطع صغيرة من الصخور. أذ تقام على طول السفوح التي يراد حمايتها وتثبت بقضبان حديدية أو دعامات كونكريتية. وفي بعض الأحيان يكتفى بمد خط واحد من الأسلاك الشائكة وعلى مسافات رأسية لا تزيد عن ٢٠ سم بين خط وآخر لحجز الكتل المنهارة ومنعها من الوصول إلى أسفل المنحدر.

٥ – استخدام مسامير حديدية ضخمة لتثبيت الكتل الصخرية الضعيفة الاستقرار بالكتل المستقرة[١٦].

٦ – تغطية السفوح الشديدة الانحدار وذات التكوينات غير المتماسكة بأسلاك مشبكة وخاصة الأجزاء التي تمر من أسفلها طرق أو وجود منشآت وتحتاج إلى مثل هذه المعالجة السفوح التي يتم قطعها لأغراض معينة مد طريق أو إقامة بناء إذ لا يمكن استخدام الأساليب التي مر ذكرها في مثل هذه الحالة لذا تعد هذه أفضل معالجة، وقد تم استخدامها في الأردن لحماية طريق عمان إربد المار من أسفل سفوح مقطوعة.

٧ – إزالة بعض الأحمال أو الأوزان من السفوح الغير مستقرة مثل الكتل الصخرية غير المتماسكة والمتجمعة على تلك السفوح.

٨ – دق أوتاد صخرية أو خشبية في السفوح المعتدلة أو البطيئة الضعيفة التماسك والتي يحتمل حدوث انهيار أو انزلاق فيها.

٩ – عمل حواجز من الصخور المتوفرة على امتداد السفوح التي يحدث فيها انزلاق وتكون بشكل متعامد على اتجاه الانحدار وفي المواضع المستقرة، ويمكن أن تكون عدة حواجز في أعلى ووسط وأسفل السفوح حسب الحاجة.

١٠– غرس الأشجار والأعشاب على السفوح التي تتوفر فيها ظروف ملائمة للنمو لتثبيت مكونات السفوح والتقليل من شدة التعرية المائية.

مراجع الفصل الثالث

١ - د. عادل صباح الدين راضي؛ مقياس الرسم وتطبيقاته العملية، الدار العربية للكتاب، ليبيا، ١٩٨٨ ص ٢٨٣.

٢ - المصدر السابق، ص ٢٨٠ - ٢٨٣.

٣ - ياسين عبيد؛ المساحة الهندسية، دار الحكمة للنشر، البصرة ١٩٩٠ ص ١٢٢.

٤ - *John Malcolm: Elementary Suroeying, opcit, p.28-29.*

٥ - د. محمد محمد سطيمة: دراسات في علم الخرائط، مصدر سابق ص ٢٨٨.

٦ - د. محمد صبحي عبد الحكيم وزميله، علم الخرائط، مصدر سابق ص ٢٥٤ - ٢٥٥.

٧ - د. أحمد مصطفى؛ الخريطة الكنتورية تفسيرها وقطاعاتها، دار المعارف الجامعية الاسكندرية ١٩٨٧ ص ١١٤.

٨ - د. حسن الخياط ود. صالح العريض ود. أحمد عبدالله ود. بسام النصر ود. محمد الكبيسي ود. فاطمة الكواري، مدخل إلى الجغرافية، جامعة قطر، قطر ١٩٨٨ ص ١٢٢.

٩ - د. محي الدين بنانه؛ الجيوهندسية التطبيقية، مصدر سابق، ص ١٠٥.

١٠- د. محمد صفي الدين: جيومورفولوجية قشرة الأرض، دار النهضة العربية للطباعة والنشر بيروت ١٩٧١ ص ١٤٣.

١١- د. سهيل السنوي ود. يحي الراوي والسيد أحمد النجدي ود. أحمد سوادي ود. نصير الأنصاري؛ الجيولوجيا العامة، الطبيعة والتاريخية، مطبعة جامعة بغداد ١٩٧٩ ص ٣٣٢.

١٢- د. محي الدين بنانة، الجيوهندسية التطبيقية، مصدر سابق ص ٢٧٨.

١٣- د. سهيل السنوي وآخرون، الجيولوجيا العامة، مصدر سابق ص ٣٣٤.

١٤- د. عدنان النقاش وزميله، الجيومورفولوجي، مصدر سابق ص ٢١٨.

١٥- جون. أي. ساندرس؛ الجيولوجيا الفيزيائية، جـ١، ترجمة مجيد عبود جاسم، كلية الهندسة جامعة البصرة، ١٩٨٣ ص ٣٧٣.

الفصـل الـرابع

التعـرية ...
أسـبابها ومشـاكلها

التعرية من العمليات الجيومورفولوجية المتميزة لما تتركه من آثار على سطح الأرض فتغير من معالمه وبشكل مستمر ودون توقف، وتعود تلك العمليات إلى عدة قوى تؤثر على سطح الأرض في كل البيئات الجافة والرطبة، كما يتأثر بذلك النشاط البشري في المناطق التي تتعرض لها وخاصة في الجوانب الآتية:

١ – العمل على إضعاف خصوبة التربة بسبب ما تفقده من عناصر أساسية يعتمد عليها النبات في نموه، فيترتب على ذلك قلة إنتاجية التربة.

٢ – تقلص مساحة الأرض الصالحة للزراعة والاستيطان والأنشطة الأخرى بسبب تعرضها إلى التعرية سواء بصورة مباشرة من خلال تآكلها أو عن طريق طمرها بالترسبات الناتجة عن التعرية وخاصة الرملية.

٣ – تدمير بعض المنشآت التي تتعرض للتعرية[١].

ويتباين تأثير التعرية من مكان لآخر وذلك للتأثر بعده عوامل منها:

١ – نوع القوى المسببة للتعرية، مياه، رياح، ثلوج.

٢ – طبيعة التكوينات التي تتعرض للتعرية صلبة أم هشة.

٣ – طبيعة انحدار المنطقة.

٤ – طبيعة الغطاء النباتي.

٥ – رطوبة التكوينات.

وعلى العموم تسود التعرية الريحية في المناطق الصحراوية والمائية في المناطق الرطبة والثلوج في المناطق التي تتساقط فيها بكثرة.

ولغرض التوضيح سيتم تناول كل نوع على حدة وكما يأتي:-

أولاً – تعرية الأمطار والمياه الجارية:

تعمل الأمطار والمياه الجارية على تعرية تربة سطح الأرض وبشكل متباين من مكان لآخر اعتماداً على عدة عوامل منها ما يأتي:

أ – كمية الأمطار الساقطة والمياه الجارية.

ب – نوع التكوينات السطحية صلبة أم هشة.

جـ - حجم الرواسب والمفتتات التي تحملها المياه الجارية.

د - معوقات الجريان من أشجار وصخور وغيرها.

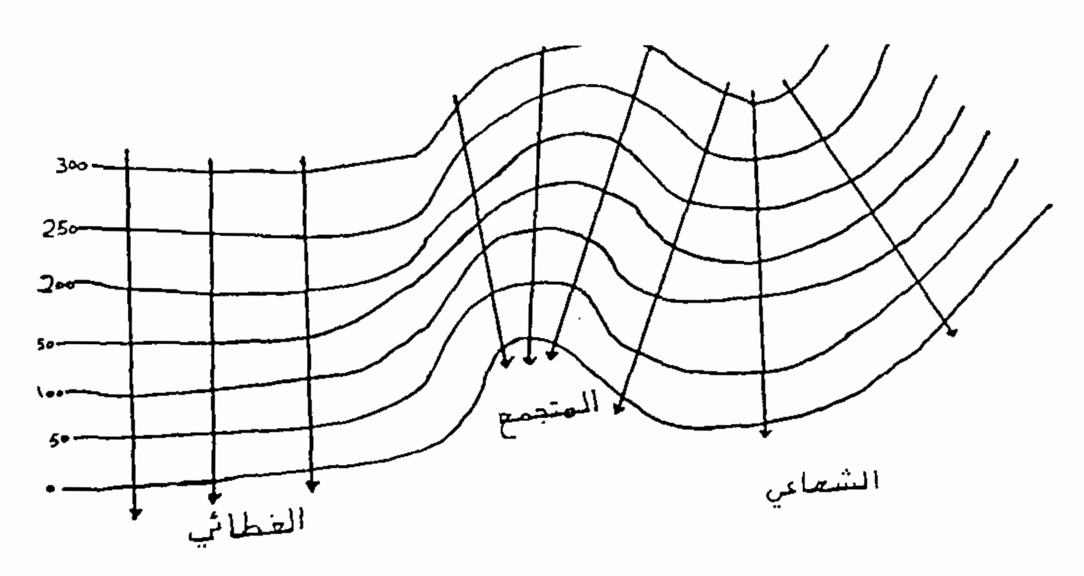
هـ - تأثير النشاط البشري المتنوع فوق سطح الأرض مثل قطع الأشجار ورعي الأعشاب وحفر القنوات وإنشاء السدود والخزانات التي تتحكم بكميات التصريف والتي تتوقف عليها شدة التعرية.

و - طبيعة انحدار المنطقة الذي يتحكم بسرعة جريان المياه التي ترتبط بها شدة التعرية، كما يكون لتنوع الانحدارات التي مر ذكرها الأثر الكبير في ذلك، ففي المناطق المنبسطة بطيئة الانحدار يكون الجريان غطائي، أما في الانحدارات المحدبة فيكون الجريان شعاعي وفي الانحدارات المقعرة الجريان متجمع، ويترتب على هذا التنوع في الجريان التباين في التأثير حسب الوضع الذي تتخذه المياه في جريانها. شكل رقم (٤٩).

وعليه تكون التعرية الناتجة عن الأمطار الجارية متنوعة وكما يأتي:

١ - تعرية الأمطار الحامضية:

تحدث الأمطار الحامضية في المناطق الصناعية ذات الملوثات الهوائية الكثيفة وخاصة



شكل رقم (٤٩) العلاقة بين الانحدار والجريان

المناطق التي تتعرض إلى انقلاب حراري يؤدي إلى تركز الملوثات من غبار ودخان المصانع قرب سطح الأرض وعدم انتقالها بعيداً عن مصادرها بسبب سكون الهواء، فعند سقوط الأمطار فوق تلك المناطق تختلط بها الملوثات التي يمثل معظمها أكاسيد كاربونية لذا تتحول إلى حامض الكاربونيك المخفف الذي يتفاعل مع عناصر ومعادن عدة وخاصة التي تتكون منها الصخور الرسوبية ولذلك تؤدي تلك الأمطار إلى تشوه واجهات الأبنية المشيدة من تلك الصخور وتكون فيها حفر صغيرة تمثل نقاط ضعف في تلك الصخور وذلك لتركز عمليات التعرية والتجوية اللاحقة فيها. كما يتعرض الجزء الظاهر على سطح الأرض من الصخور الرسوبية إلى تأثير تلك الأمطار، فضلاً عن العمل على توسيع الشقوق والفواصل في الطبقات الصخرية مما يسهل عمليات تسرب المياه خلالها فيزداد نشاط عمليتي التعرية والتجوية فيها.

كما تعمل تلك الأمطار على زيادة حموضة التربة التي تؤثر على انتاجيتها فضلاً عن تأثيرها المباشر على الإنسان والبيئة بصورة عامة.

٢ - التعرية الناتجة عن تساقط المطر (التعرية التصادمية) :

يحدث هذا النوع من التعرية في المناطق التي تسقط فيها الأمطار على شكل زخات مطرية شديدة وقطرات كبيرة الحجم، فيحدث ما يشبه القنبلة عندما تصطدم بالأرض إذ تعمل على تفتت حبيبات التربة المتماسكة فتحولها إلى حبيبات منفردة تقفز مع أجزاء قطرة المطر المتناثرة نحو الجوانب، ويظهر ذلك بشكل واضح على المنحدرات إذ تنتقل الأجزاء المتناثرة إلى الأسفل أكثر من الاتجاه إلى الأعلى بفعل قوة الجاذبية فيؤدي جريان المياه إلى جرف تلك التربة[٢].

وتتوقف قوة تأثير الأمطار على نوع التربة إذ يزداد في التربة المفككة ويقل في التربة المتماسكة، ويزداد في المناطق الخالية من الغطاء النباتي ويقل في المناطق التي يتوفر فيها غطاء نباتي يعمل على إضعاف قوة سقوط المطر ويزيد من تماسك التربة والحد من سرعة الجريان. فضلاً عن تأثير الانحدار فكلما يزداد الانحدار يكون التأثير كبيراً وبالعكس.

٣ - التعرية الغطائية (الانجراف الصفيحي):

تتجمع مياه الأمطار فوق الأراضي المنبسطة البطيئة الانحدار ويكون على شكل طبقة

متماثلة السمك، خاصة عندما تكون الأرض منتظمة الانحدار وكمية الأمطار الساقطة عليها تفوق ما يتسرب في التربة، فتتحرك المياه المتجمعة نحو جهة الانحدار وبسرعة بطيئة جارفة معها المواد المفككة أما على شكل مادة عالقة أو ذائبة.

وقد يسود هذا النوع من التعرية في المناطق الصحراوية الخالية من الغطاء النباتي أو لقلته، التي تتعرض إلى الجفاف لفترة طويلة فتحدث فيها عمليات تعرية وتجوية على نطاق واسع مما يؤدي إلى زيادة نسبة المواد المفككة التي يمكن أن تنقلها المياه معها إلى المكان الذي تتجمع فيه ويكون منخفضاً عن المناطق المجاورة له، إذ تبقى الرواسب في مكانها بعد جفاف المنطقة. وقد نتج عن ذلك ما يسمى بالفيضات في المناطق الصحراوية وعلى مساحات واسعة تعد من أفضل المناطق لنمو النباتات والأعشاب، كما أنها أفضل مناطق للزراعة الديمية (البعلية).

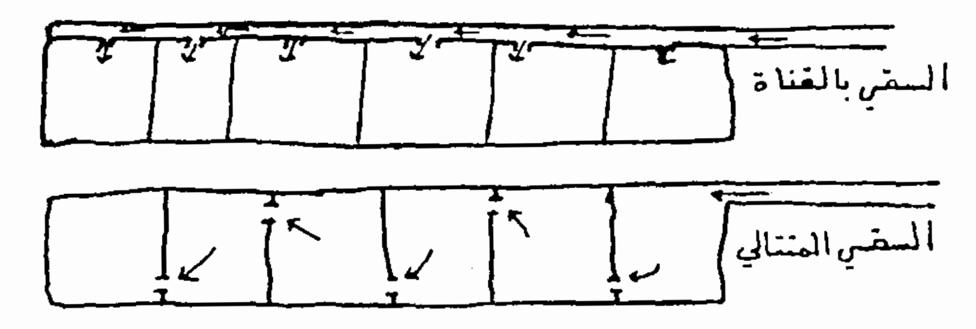
وهي من أفضل المكامن لتجمع المياه الجوفية في التكوينات تحت السطحية ومن المشاكل الناتجة عن التعرية الغطائية أنها تؤدي إلى إضعاف تربة المناطق التي تتحرك فوقها لنقل المواد المفككة وما يمكن إذابته منها والتي تمثل المعادن والعناصر الأساسية في تربة تلك المناطق. إلا أنها تعمل على تحسين خصوبة المناطق التي تترسب فيها تلك المواد، إذ تعمل على إضافة طبقة جديدة من الرواسب الغنية بالمعادن والعناصر المتنوعة.

ومن الجدير بالذكر أن ما يشبه هذه الظاهرة يحدث في المناطق التي يتم ارواؤها على التوالي بعد تقسيمها إلى مساحات صغيرة ما بين ٢٠–٥٠ م٢ وكبيرة ما بين ٥٠ – ٢٥٠م٢. وحسب طبيعة انحدار سطح الأرض. وتسمى تلك المساحات ألواح وعندما يتم سقيها وعدم توفر ساقية يجري سقيها على التوالي من لوح إلى آخر حتى آخر لوح منها وهو الذي تستقر فيه المياه، ولذلك تنقل المياه معها المواد العالقة والذائبة من الألواح الأولية إلى الأخيرة فتقل خصوبة الألواح الأولية وتزداد خصوبة الألواح الأخيرة ويظهر ذلك بشكل واضح في إنتاجية تلك المساحات إذ تزداد بشكل متميز في المساحات الأخيرة وذلك لاحتفاظها بموادها ومياهها. وعليه يجب الابتعاد عن هذا الأسلوب في الري واستخدام الترع والقنوات في السقي. شكل رقم (٥٠) .

وكذلك الحال في المناطق الصحراوية يمكن عمل سدود ترابية صغيرة تعرقل انتقال المياه من مكان لآخر لغرض الحد من ظاهرة التعرية الغطائية. وتكون على مسافات تتناسب

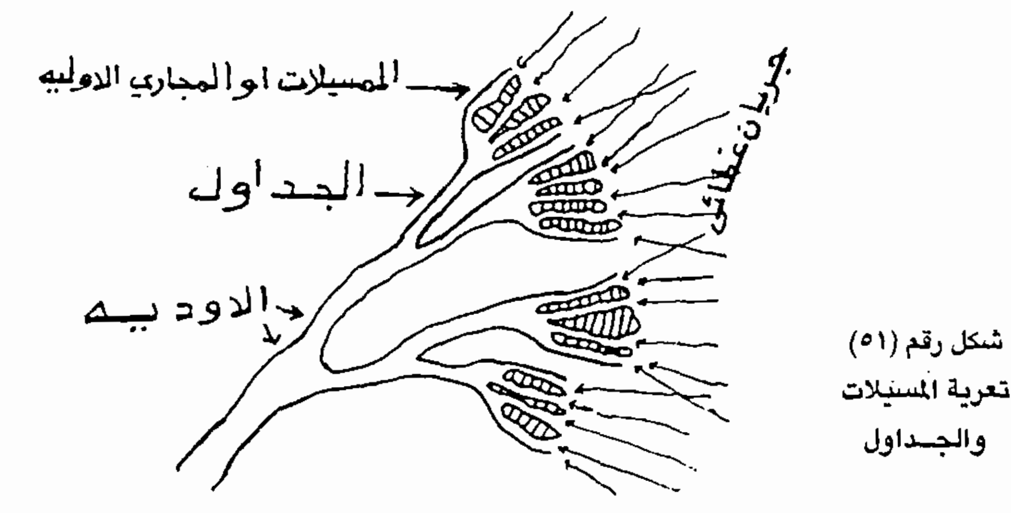
مع طبيعة الانحدار إذ تزداد المسافات بين سد وآخر إذا كان الانحدار بسيطاً وتقل المسافات مع زيادة الانحدار.

شكل رقم (٥٠) السقي المتتالي وبواسطة القناة



٤ - تعرية المسيلات (Rills Erosion)

تنتهي بعض المناطق المنبسطة التي يحدث فيها جريان غطائي بإنحدار أكثر ميلاً من انحدار الأرض الاعتيادي فيترتب على ذلك زيادة جريان المياه فيؤدي إلى تكون مجار بدائية صغيرة وضيقة وقصيرة ومتوازية تزيد من قدرة المياه على التعرية، وتكون أكثر وضوحاً في المناطق التي توجد فيها أخاديد صغيرة وفجوات فتعمل التعرية على توسيعها وتوصيلها ببعضها لتشكل مجرى واحداً تجري فيه المياه وتزداد عمليات التعرية فيتوسع بمرور الزمن وتزداد قدرته على الاستيعاب. شكل رقم (٥١)



شكل رقم (٥١)
تعرية المسيلات
والجداول

٥ - التعرية الأخدودية (الجداول) Gullies Erosion

تتكون الجداول من التقاء المسيلات القصيرة والصغيرة فتكون أكثر سعة وطولاً منها لذا تزداد كمية المياه الجارية فيها فتكون قدرتها على التعرية كبيرة فتعمل على تعميق وتوسيع تلك الجداول فتكون ذات أبعاد واضحة ولذلك تزداد قدرة المياه الجارية على جرف قطع الحجر والصخور الجلاميد في تلك الجداول شكل رقم (٥١).

وقد يكون لهذه الظاهرة أثاراً سلبية على الزراعة الديمية (البعلية) التي تعتمد على الأمطار إذ تعمل التعرية الأخدودية على تآكل مساحات واسعة من الأراضي المزروعة أو الصالحة للزراعة وذلك لأنها أرض هشة بسبب حراثتها وتركز الجريان فوقها ولهذا تكون التعرية على نطاق واسع عند حدوث زخات مطرية سريعة، وعليه يجب اتخاذ بعض التدابير لحماية تلك الأراضي ومنها ما يأتي:-

أ - حراثة الأرض بشكل يتعامد على اتجاه الجريان لتقليل سرعة الجريان ومن ثم قدرة المياه على التعرية.

ب - عمل سدود ترابية صغيرة أيضاً تكون متعامدة على اتجاه الجريان وعلى مسافات تتناسب مع انحدار الأرض تعمل على عرقلة الجريان وعدم تركزه في مكان محدد كما تساعد على انتشار المياه على مساحة أكبر من الأرض.

جـ - حراثة التربة منذ بداية فصل الأمطار وذلك للاستفادة من تلك الأمطار عند تساقطها في زيادة تماسك التربة وقلة تعريتها في الزخات المطرية اللاحقة.

د - عمل سدود على الأخاديد تقلل من شدة جريان المياه فيها.

هـ - الحفاظ على الغطاء النباتي من خلال الحد من الرعي الجائر[٣].

٦ - تعرية الأودية (Ravine Eroion)

تتكون الأودية الكبيرة من التقاء عدد من الجداول والمسيلات مع بعضها فينتج عن ذلك واد واسع وعميق فتزداد كمية المياه الجارية فيه التي تكون قدرتها على التعرية كبيرة.

كما يكون لفترة الجفاف التي تتعرض لها تلك الأودية دوراً في توسعها لما ينتج عنها من عمليات تجوية تؤدي إلى تفكك بعض مكونات قاع وضفاف الوادي فتكون سهلة التعرية عند تعرضها للسيول، ولهذا يتغير لون مياه الأنهار التي تصب فيها أودية صحراوية

حسب لون الرواسب التي تجلبها ففي نهري دجلة والفرات على سبيل المثال يكون لون المياه عند الفيضان رمادي، وقد تنعكس آثار عمليات التعرية والترسيب على النشاط البشري حيث تؤدي التعرية إلى تدمير العديد من الجسور المقامة على الأودية الصحراوية. كما تؤدي الرواسب إلى دفن أو طمر قنوات الري ومنشآته. كما تؤدي إلى تدمير المحاصيل الزراعية التي تغطيها تلك الرواسب.

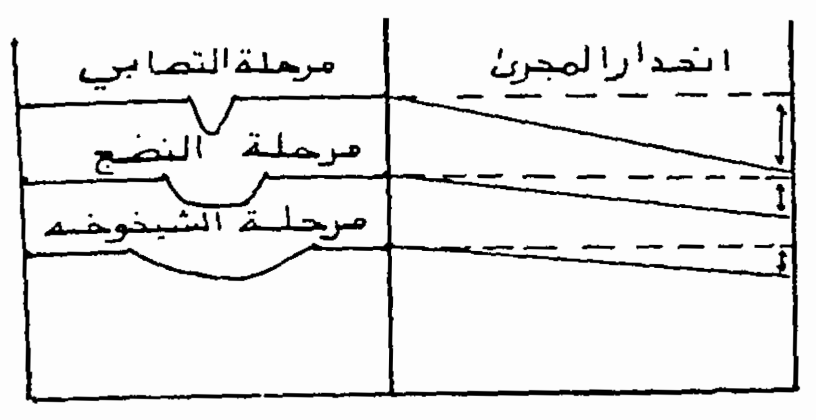
٧ - التعرية المائية في مجاري الأنهار وأوديتها وكيفية الحد منها:

يعد وادي النهر مسرحاً لعملياته المختلفة من تعرية وإرساب ويترتب عليها تكون العديد من الأشكال الأرضية. ويعتمد ذلك على كمية التصريف وطبيعة تكوينات المجرى وانحداره. ولذلك تباينت العمليات النهرية من فترة لأخرى ومن مكان لآخر ضمن المجرى من منبعه حتى مصبه، وقد عبر عنها (W. M. Davis) بأن النهر يمر بمراحل ولكل مرحلة خصائص معينة، وقد يمر النهر بتلك المراحل في آن واحد وكما يأتي:-

أ - مرحلة التصابي أو الشباب في أعلى المجرى إذ يكون المجرى ضيقاً وشديد الانحدار وسريع الجريان لذلك تتركز التعرية في قاع المجرى، أي تكون رأسية فيتعمق المجرى ويظهر في هذا الجزء من النهر الخوانق والشلالات والمسارع ويكون المجرى غير صالح للملاحة.

ب - مرحلة النضج وسط المجرى يقل انحدار المجرى ويتسع ولذلك تنخفض سرعة الجريان فتحدث تعرية في القاع والضفاف ولهذا تظهر أشكال أرضية تختلف عن التي ظهرت في المرحلة السابقة، وربما يغير النهر مجراه لمرات عدة ضمن واديه تاركاً وراءه البحيرات الهلالية (OX. bow) والمدرجات Terraces أو تكثر المنعطفات في المجرى. أو تراجع وتقدم الضفاف حيث تنعكس آثار تلك العمليات على النشاط البشري كالإستيطان والطرق والزراعة والري وغيرها.

جـ - مرحلة الشيخوخة أدنى المجرى وفي هذه المرحلة يقل الانحدار ويتسع المجرى فتقل سرعة الجريان فتقل التعرية ويزداد الترسيب فتكثر الجزر والدلتوات. وبذلك يظهر مجرى النهر بأوضاع مختلفة من حيث الشكل والانحدار والمظاهر شكل رقم (٥٢)



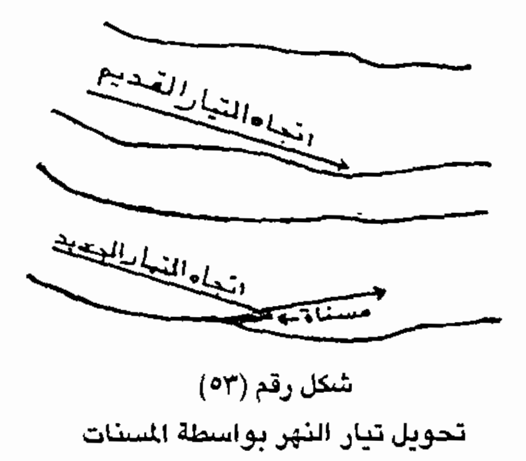
شكل رقم (٥٢)
المراحل التي يمر بها مجرى النهر وطبيعة انحدارها

ولغرض الحد من آثار التعرية النهرية ومخاطرها يمكن اتخاذ الإجراءات الآتية:

١ - رصف ضفاف الأنهار عند المناطق الحضرية بالصخور أو الكتل الكونكريتية لمنع حدوث التعرية في تلك المناطق وبالتالي حماية الأبنية والمنشآت المقامة على ضفاف النهر من مخاطر التعرية.

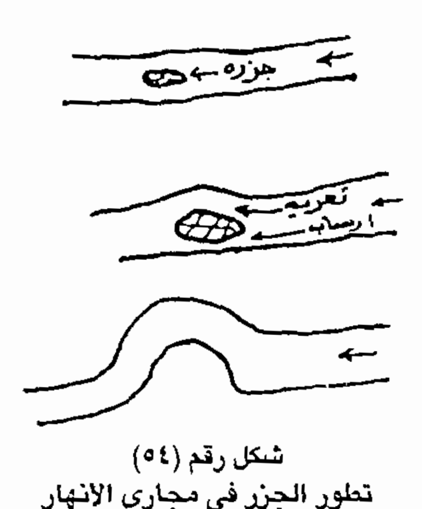
٢ - عمل مسنات صخرية أمام المناطق التي تتعرض للتعرية لإبعاد التيار عنها ويجب أن يكون وفق قياسات دقيقة من حيث امتداد المسنة في المجرى والزاوية التي تتخذها بالنسبة للضفة التي تمتد منها لغرض تجنب تحول التعرية إلى الضفة الثانية إذا كان الامتداد غير دقيق إذ أن المهمة الأساسية للمسنات هو تحويل التيار عن المناطق التي يتركز فيها إلى وسط المجرى. شكل رقم (٥٣)

٣ - عدم السماح للجزر بالتوسع في مجاري الأنهار واستمرارها فترة طويلة لأنها ستعمل على تقسيم المجرى إلى فرعين يمران على جانبيها أحدهما يكون قوي الجريان والآخر ضعيف لذلك تتركز التعرية في الجانب القوي الجريان ويتركز الترسيب في الجانب الضعيف الجريان وبمرور الزمن يتسع الأول ويتوقف الجريان في الثاني لكثرة الترسبات وبذلك تلتحم الجزيرة مع الضفة فتصبح جزءاً من اليابس في حين يتسع المجرى ويتحول إلى منعطف وربما تتكرر هذه الحالة



شكل رقم (٥٣)
تحويل تيار النهر بواسطة المسنات

في عدة أماكن ضمن المجرى وتكون لها آثاراً سلبية على النشاط البشري في جهتي المجرى إذ تتعرض جهة التعرية إلى مخاطرها وربما تتعرض بعض المشاريع إلى الزوال أما في جهة الارساب سوف يؤدي ذلك إلى ابتعاد المجرى عن تلك المناطق ويحتاج ذلك إلى شق قنوات وإقامة محطات ضخ لغرض إيصال الماء إلى تلك الضفة شكل رقم (٥٤).



شكل رقم (٥٤)
تطور الجزر في مجاري الانهار

ثانياً - التعرية البحرية وكيفية الحد منها:

تتعرض الشواطئ البحرية لعمليات التعرية وبدرجات متفاوتة بحسب طبيعة العوامل التي تتحكم بذلك، فالتعرية ناتجة عن فعل الأمواج والمد والجزر والتيارات البحرية ويكون تأثيرها على الشواطئ من خلال ما يأتي:-

أ - الفعل الهيدروليكي للأمواج:

ينتج عن اصطدام الأمواج بالشواطئ انضغاط الهواء الموجود أمامها في الشقوق والفواصل التي تتضمنها مكونات تلك الشواطئ، فعند اندفاع الأمواج نحو الشواطئ تؤدي إلى ضغط الهواء وبعد تراجعها بشكل مفاجئ يؤدي إلى حدوث صوت انفجاري، وبتكرار تلك العملية تتوسع الشقوق والفواصل فتزداد عمليات التعرية والانهيار والانزلاق فتتراجع الشواطئ نحو اليابس حيث تهدد ما هو موجود من منشآت على السواحل وربما تتعرض إلى الانهيار.

ب - اصطدام الجلاميد والزلط والكتل الصخرية الصغيرة التي تحملها الأمواج بالأجزاء السفلى من الشواطئ وخاصة في مناطق الأجراف، فتعمل على تآكلها وقد يتضامن عملها مع العمل الهيدروليكي للأمواج والتجوية في تدمير الشواطئ.

جـ - التجوية: تعمل مياه البحار على إذابة بعض الصخور التي تتكون منها الشواطئ، كما يكون لقوة هبوط المياه فوق الشواطئ عند التعرض إلى العواصف والأعاصير الشديدة أثر في تحطيم الشواطئ .

العوامل المؤثرة في قدرة الأمواج على التعرية

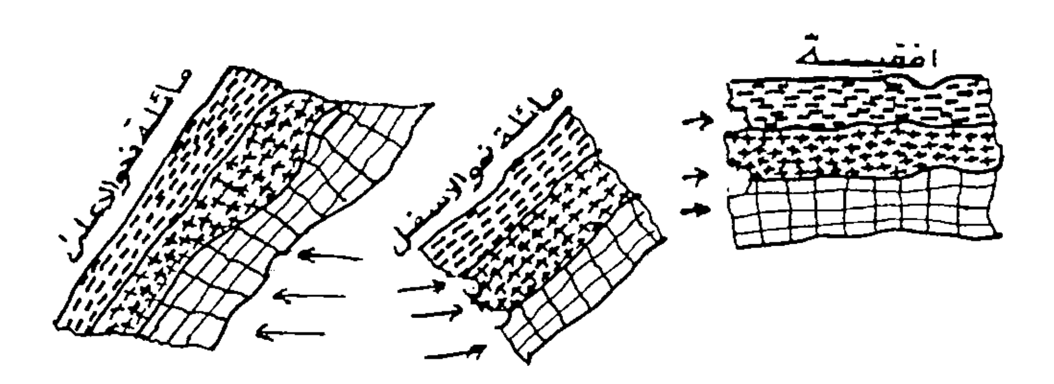
١ - درجة انحدار الشواطئ تؤثر الأمواج في الشواطئ الشديدة الانحدار (الأجراف البحرية) أكثر من الشواطئ ذات الانحدار البطئ.

٢ - مدى تعرض الشواطئ للأمواج إذ يكون التأثير كبيراً عندما يكون اتجاه الأمواج بشكل متعامد عليها ويقل عندما يكون الاتجاه بشكل مائل على الساحل. كما يكون التأثير على نطاق واسع في الشواطئ المفتوحة أمام عمل الأمواج دون وجود معوقات.

٣ - طبيعة المواد المفككة التي تستخدمها الأمواج كأدوات للنحت والتعرية إذ يكون التأثير واضحاً عندما تكون تلك المواد على شكل جلاميد وكتل صخرية صغيرة وحصى ويقل عندما تكون على شكل مفتتات ناعمة.

٤ - صلابة تكوينات الشواطئ ومدى مقاومتها لعمليات التعرية، فإذا كانت صخوراً نارية تكون كتلية قليلة المفاصل لذا يكون تأثير التعرية عليها محدود أما إذا كانت صخوراً رسوبية طبقية فيكون التأثير فيها كبيراً، ويتوقف ذلك على طبيعة امتدادها فإذا كان أفقياً يكون التأثير كبيراً وإذا كانت مائلة نحو الأسفل باتجاه المياه يكون التأثير عليها بدرجة أقل من الأولى، أما إذا كان الميل نحو اليابس فيكون التأثير أقل من النوعين السابقين. شكل رقم ٥٥ وقد يكون الشاطئ عبارة عن تكونات هشة فيكون التأثير فيها كبيراً أو يتراجع الساحل نحو اليابس بشكل واضح.

شكل رقم ٥٥ طبيعة امتداد الطبقات الصخرية المكونة للشواطئ



٥ - عمق المياه أمام الشاطئ فكلما كان البحر عميقاً قربه يكون التأثير كبيراً عليه، أما إذا كانت المياه ضحلة فإن الموجة سوف تتكسر قبل الوصول إلى الشاطئ فيضعف تأثيرها.

٦ - قوة الأمواج التي تتباين من مكان لآخر حسب خصائصها العامة المتمثلة بارتفاعها وطولها وشدتها وعدد مرات تكرارها، وعليه قد يكون تأثيرها ضعيفاً ولا يتجاوز بضع كغم/م^2 وقد يكون كبيراً ويصل إلى ٣٠٠٠ كغم/م^2 أما المصاحبة للأعاصير فتصل إلى أكثر من ١٠٠٠٠ كغم/م^2 وتكون مدمرة ويصل فيها عدد مرات الاصطدام بالساحل إلى ١٤ مرة في الدقيقة(٤)

٧ - التعاقب الطبقي أي طبقات ضعيفة المقاومة تعلوها طبقات صلبة أكثر مقاومة لذا يتركز التآكل والتقويض في الأسفل فتتكون الكهوف الطويلة وتعقبها انهيارات وانزلاقات للكتل العليا.

٨ - مصبات الأودية النهرية والجافة في البحار والتي تسهم في تفكك الصخور والتكوينات الشاطئية وتعريتها فتظهر على شكل امتدادات مائية داخل الساحل بأشكال مختلفة حسب طبيعة تلك التكوينات وتزداد عملية التراجع عندما تكون تكوينات الشاطئ ذات فواصل وشقوق كبيرة تسمح بتسرب المياه داخل الطبقات فتعمل على تفككها.

حماية الشواطئ من تأثير الأمواج:

١ - عمل حوائط كونكريتية أمام الشاطئ ويفضل أن تكون على عمق معين بحيث لا يتعرض أسفلها إلى تأثير الأمواج فيقلل من مقاومتها.

٢ - عمل حواجز من الصخور الكبيرة الحجم أمام الشواطئ للحد من تأثير الأمواج عليها.

٣ - عمل رؤوس حاجزة تمتد أمام المنطقة التي يراد حمايتها من شدة الأمواج ويمكن عملها من الصخور المتوفرة.

٤ - قطع الأجراف الشديدة الانحدار وتحويلها إلى معتدلة أو بطيئة الانحدار وتوضع الأجزاء المقطوعة أمام التكوينات الأصلية للشاطئ لحمايتها من تأثير الأمواج.

٥ - الحد من تأثير مجاري الأنهار والأودية الجافة على الشواطئ من خلال عمل مصاطب أو مسارع أو قنوات كونكريتية للحد من آثار المياه الجارية على تكوينات الشواطئ.

٦ – ابعاد المنشآت والطرق والجسور عن تأثير التعرية البحرية ومخاطرها.

ثالثاً - تعرية وتجوية المياه الجوفية:

تؤثر المياه الباطنية على التكوينات التحت السطحية ميكانيكيا وكيميائيا فيترتب على ذلك عمليات الانزلاق والهبوط لضعف تماسك تلك التكوينات وقد تعمل المياه الباطنية على شق مجاري لها في التكوينات التحت السطحية بواسطة عمليات التعرية والتجوية التي تؤدي إلى توسع تلك المجاري. وقد يكون عملها الكيميائي أكثر وضوحاً من الميكانيكي خاصة عندما يتحول الماء الباطني إلى حامض مخفف نتيجة لذوبان بعض الأكاسيد فيه مثل حامض الكاربونيك الناتج عن ذوبان ثاني أكسيد الكربون في الماء $Co_2 + H_2^{\circ} \rightarrow H_2\ C^{\circ}3$ الذي له القابلية على إذابة الصخور الجيرية (كربونات الكالسيوم) فتتحول إلى مادة ذائبة في الماء وهي بيكاربونات الكالسيوم $H_2\ Co_3 + Ca\ Co_2 \rightarrow CaH_3$ $(CO_3)_2$ وقد تنتقل المواد الذائبة مع الماء المتحرك من مكان لآخر أو تترسب خلال الفواصل والشقوق أو تخرج مع مياه الينابيع.

وقد ينتج عن عمل المياه الجوفية تكون كهوف مختلفة الأبعاد، وأوسع تلك الكهوف تظهر في الصخور الجيرية وحسب امتداد طبقاتها فإذا كانت ذات امتداد أفقي فتكون الكهوف واسعة ومنخفضة، أما إذا كانت ذات امتداد رأسي فيكون الكهف ضيقاً ومرتفعاً وذلك لامتداد أسطح الانفصال التي تتركز فيها عمليات التجوية والتعرية باتجاه امتداد الطبقات.

ومن الجدير بالذكر أن الكهوف توجد في المناطق الرطبة إذ تتطور بسرعة مع زيادة الأمطار والثلوج في حين تكون بطيئة التطور في المناطق الجافة ويعود إلى السنوات المطيرة السابقة ما موجود فيها من كهوف وبأعماق كبيرة وقد كان للكهوف أثر كبير في حياة الإنسان ونشاطه في الماضي والحاضر إذ كانت تمثل الملجأ الآمن لسكن الإنسان في العصور القديمة لحمايته من الظروف المناخية والحيوانات المفترسة، أما في الوقت الحاضر فإنها تمثل مصدراً للنترات التي تستخدم في صناعة المفرقعات والأسمدة الكيميائية التي مصدرها فضلات الطيور.

كما تعد الكهوف من المناطق السياحية المهمة في مناطق عدة من العالم كما هو في

لبنان مثل مغارة جعيتا، وكهف مامووث في ولاية كنتكي في أمريكا والتي حولت المنطقة إلى منتزه قومي مساحته ٢٤٠كم٢، ويتكون هذا الكهف من خمس مستويات يصل عمقها إلى ١١٠م، ويجري في المستوى الأخير من هذا الكهف نهر باطني يسمى Echo الذي يصب بعد خروجه من الكهف في نهر Grean أحد روافد نهر أوهايو، ويصل طول ممرات هذا الكهف عدة كيلومترات يتراوح ارتفاعها ما بين ١ - ٣٠م. كما تنتشر الكهوف في مناطق عدة مثل سويسرا وفرنسا والنمسا ويوغسلافيا وتستخدم الكهوف في بعض الأحيان كملاجئ للوقاية من الحروب الذرية أو كمخابئ سرية لإخفاء بعض الأمور أو المواد التي تود الدولة إخفاءها وقد تتعرض بعض الكهوف إلى الإنهيار فينتج عنها جسور طبيعية مثل ما حدث في فرجينيا.(٥)

رابعا - التعرية الريحية وسبل الحد من آثارها:

تتميز الرياح عن بقية قوى التعرية بأنها حرة الحركة وتغير الاتجاه ويكون عملها واضحاً في المناطق الصحراوية والجافة التي تتعرض لعمليات التجوية على نطاق واسع والتي تؤدي إلى تفكك مكونات التربة والصخور السطحية فتعمل الرياح على تعريتها بعمليات التفريغ والتذرية والصقل والبري. فتنعكس آثارها على الإنسان ونشاطاته المختلفة وخاصة في الوطن العربي الذي تحتل الصحراء أكثر من ٨٥٪ من مساحته ومعظم المستوطنات البشرية تقع وسط الصحراء أو عند أطرافها ولذلك تقع تحت تأثير البيئة الصحراوية من حرارة وبرودة وتلوث، وزحف الصحراء نحو الأراضي الزراعية المجاورة لها التي تؤدي إلى انتشار ظاهرة التصحر.

وقد تعمل الرياح الهابة على المناطق والتي تكون سريعة على جرف الرمال والفتات الصخرية والرمال والحصى والتي منها ما يتدحرج على الأرض ومنها ما يتحرك بالقفز وحمل الخفيفة الوزن وقد يؤدي اصطدام تلك المواد بالمنشآت أو عندما تتجمع فوقها إلى تشويه منظرها وتآكل أجزائها السفلى بما فيها المتكونة من الحديد مثل أعمدة التلغراف أو الكهرباء، كما تعمل الرمال والأتربة المتحركة على عرقلة السير على الطرق المارة عبر الصحراء سواء من خلال التأثير على الرؤية أو التجمع على الطرق وعرقلة السير. وقد يؤثر ذلك على سطح الأرض من خلال تعرية مناطق واسعة وتخفيض مستواها والترسيب

فوق مناطق ورفع منسوبها، وهذا له آثار كبيرة على المنشآت والمشاريع التي تقام في مثل تلك المناطق وذلك لما تحتاج إليه من معالجات تزيد من كلفة المشروع. وعليه يجب اتخاذ التدابير اللازمة للحد من تأثير التعرية الريحية على الإنسان ونشاطاته المختلفة سواء الواقعة في وسط الصحراء أو عند أطرافها ومنها ما يأتي:

١ - إحاطة المراكز الحضرية بحزام أخضر من الأشجار المتباينة الارتفاع بين قصيرة وطويلة لتكون عائقاً يقلل من سرعة الرياح القادمة من الصحراء وإرساب أكبر كمية من الغبار التي تحملها وخاصة الخشنة وثقيلة الوزن. وعرقلة المتدحرجة والقافزة منها، كما أنها تخفض من حرارة الهواء لأنها تمتص الحرارة وتعمل على رفع رطوبة الهواء عن طريق النتح.

٢ - تثبيت الكثبان الرملية باستخدام الأساليب المتعددة التي من أهمها ما يأتي:-

أ - رش مواد تعمل على تماسك الطبقات السطحية من الكثبان الرملية ومنع التي تحتها من التطاير مثل مادة الأسفلت أو النفط الأسود أو المواد الطينية.

ب - تغطية الكثبان الرملية بالحصى الخشن والناعم وبسمك لا يقل عن ٢٠ سم لمنع تطايرها.

جـ - عمل أسيجة من النباتات اليابسة أو حائط من طين أو الصخور يعمل على حجز الرمال ويحول دون وصولها إلى المناطق المراد حمايتها، ويفضل ألا تكون بشكل متعامد على اتجاه الرياح بل بشكل مائل نحو الجهة التي يمكن أن تنحرف الرياح إليها لتغيير مسار اتجاه الرمال عن الوضع السابق.

د - عمل خنادق بشكل متعامد على اتجاه الرياح لكي تتجمع فيها الرمال التي تسير فوق سطح الأرض والمتدحرجة والقافزة، كما يتم عمل ساتر من التراب الذي تم رفعه من الخندق من جهة هبوب الرياح لتعمل على عرقلة الرياح وترسيب ما تحمله.

٣ - تغليف المنشآت والأبنية المقامة في الصحراء بمادة تقاوم تأثير التعرية الريحية بواسطة المواد المتدحرجة أو المتطايرة فوق سطح الأرض وخاصة الأجزاء السفلية من تلك المنشآت وعلى ارتفاع ١-٢م مثل تغليف أعمدة الكهرباء والتلغراف والأبنية.

٤ - إيجاد تصاميم لمساكن ووحدات أو محلات سكنية بشكل يتلائم والبيئة الصحراوية، بحيث يؤخذ بنظر الاعتبار هبوب الرياح وأشعة الشمس وعمل النوافذ بشكل يتلائم والظروف المناخية، وكذلك الحال بالنسبة لتصميم الشوارع والمناطق الخضراء والاتجاهات المناسبة لها بما يضمن الحد من تاثير الصحراء السلبي على الإنسان.

خامساً - التعرية الجليدية:

يؤثر الجليد في تعرية السفوح والمنحدرات والأودية التي تمر بها بطريقتين هما:-

أ - تفتيت الصخور المتجمدة في قاع الوادي وجوانبه وسفوح المرتفعات والتقاط المفتتات وجرفها بواسطة الثلاجات.

ب - تاكل التكوينات التي تمر فوقها الثلاجات بواسطة ثقل كتلة الجليد وضغطها واحتكاك الصخور التي تحملها بالقاع والجوانب. وقد تؤدي عمليات التعرية بفعل الجليد إلى تغير مظاهر سطح الأرض وتكون العديد من الأشكال مثل الأودية الجليدية والأودية المعلقة والحلبات الجليدية والحافات الجبلية والقمم الهرمية وغيرها.

فالحلبات الجليدية التي توجد في أعالي المرتفعات والتي تمثل بداية أودية تنحدر من أعالي المرتفعات وتكون حوضية الشكل وتمتلئ بالثلوج تارة وبالمياه تارة أخرى عند ذوبانها، وبهذه العملية تتعمق وتتوسع الحلبات من خلال تكرار عمليتي الانجماد والذوبان والتي تعمل على تحلل الصخور وتفككها، إذ تسهم المياه التي تنساب من تلك الحفر في نقل مفتتات الصخور منها فيزداد عمقها بمرور الزمن.

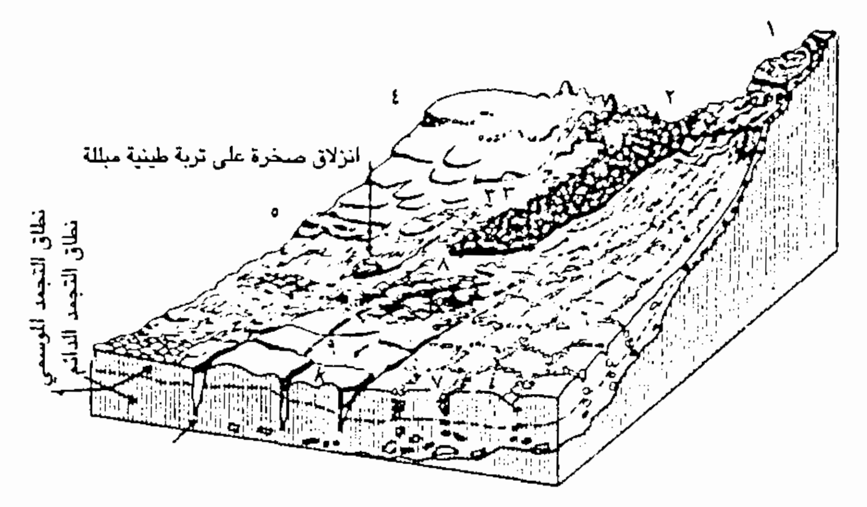
كما تسهم هذه العملية في تقويض سفوح الجبال وتحويلها إلى منحدرات شديدة تنعكس آثارها على النشاط البشري فوق تلك السفوح وأسفلها.

وقد تؤدي التعرية المستمرة في الحلبات المتقاربة إلى تاكل مساحات كبيرة من تكوينات السفوح العليا من المرتفعات ذات القمم المنفردة فتتحول إلى حافات جبلية حادة ذات قمم هرمية مدببة من الأعلى(٦).

كما ينتج عن عمليات الانجماد والاذابة التي تتعرض لها السفوح حدوث عمليات الانزلاق والانهيار في مكونات تلك السفوح العليا التي تكون غير مستقرة. أما الرواسب

الناتجة عن التعرية الثلجية فقد تعمل على تغطية السفوح السفلى من الجبال وطمر الأودية الصغيرة وتغطية مساحات واسعة من الأراضي الواقعة عند أسفل الجبال، وعليه تكون السفوح المعرضة للتعرية غير مستقرة، أو تتكون من رواسب غير متماسكة وضعيفة المقاومة. ومن الجدير بالذكر أن تأثير الانجماد والذوبان لا يقتصر على المناطق المرتفعة فقد بل جميع المناطق التي تتعرض لها وبدرجات متفاوتة حسب شدة صلابة التكوينات التي تحدث فوقها إذ يزداد التأثير في التكوينات الهشة أو الصخور الضعيفة فتتضمن الشقوق والأخاديد والحفر فتتحول مثل تلك المناطق إلى أرض متضرسة. شكل رقم (٥٦).

شكل رقم (٥٦) المظهر التضاريسي للمنطقة المتاثرة بعمليات تجمد وذوبان الجليد.



د . محمود توفيق سالم؛ اساسيات الجيولوجيا الهندسية

أثر المناخ على التعرية:

لقد ظهرت دراسات عدة حول علاقة المناخ بالتعرية والتي اتخذت تسميات متنوعة كالجيوموفو المناخية والمورفو مناخية والمورفو جينية، والتي توضح مدى تأثير عناصر المناخ في التعرية بصورة مباشرة وغير مباشرة فالمباشرة تتمثل بالتعرية المائية المطرية والهوائية والثلجية، أما غير المباشرة فهي التجوية بنوعيها الميكانيكية والكيميائية. إذ تحدث الأولى في المناطق الجافة أي الصحراوية وفي المناطق الجليدية في حين تحدث الكيميائية في المناطق الرطبة.

والتعرية لا تكون على وتيرة واحدة في جميع المناطق بل تتباين من مكان لآخر اعتماداً على تنوع المناخ، لذا يتميز كل إقليم مناخي بمظاهر تضاريسية تختلف عن الأقاليم الأخرى، التي لم تكن وليدة تغيرات مناخية حديثة بل تعود إلى أزمنة وعصور جيولوجية قديمة.

وتقسيم الكرة الأرضية إلى أقاليم مناخية ممكن إلا أن تداخل تلك الأقاليم وظهور مناطق انتقالية كان من المشاكل التي توجه ذلك.

وقد أجريت دراسات عدة في هذا المجال ومنها دراسة كوربل عام ١٩٦٤ التي أوضح فيها أثر فعل التعرية في الأقاليم المورفومناخية المختلفة والتي اعتمد في تصنيفها على الموقع الفلكي أي الموقع بالنسبة لدوائر العرض والحرارة وكمية الأمطار.

وقد أوضحت البيانات الخاصة بمدى فعل التعرية بأنها تقدر بحوالي ١م^{٣} في كل ١ كم^{٢} سنويا، وهذا يتناسب مع انخفاض سطح الأرض بمعدل ١م كل ٦١٠ سنة. كما أظهرت الدراسة أن التعرية في المناطق الرطبة الباردة تفوق ما في المناطق الرطبة الحارة.

وعلى العموم تكون التعرية كبيرة في المناطق الرطبة وخاصة في المناطق الجبلية وتقل في المناطق المنبسطة(٧).

قياس التعرية:

إن قياس التعرية عملية معقدة تكتنفها الكثير من الصعاب ومع ذلك جرت عدة محاولات لقياسها في أماكن مختلفة من العالم، وكان التركيز على التعرية المائية وخاصة الجارية الناتجة عن سيول الزخات المطرية أو مياه الأنهار ومن خلال تجارب حقلية ومختبرية وكما يأتي:-

١ - القياسات الحقلية:

يعتمد قياس التعرية حقلياً على طرق بسيطة ولكن غير دقيقة، كما لا يمكن تعميم النتائج على جميع المناطق في العالم لتباين العوامل التي تتحكم في التعرية من منطقة لأخرى.

وعلى أية حال لا يوجد بديل عن ذلك ويمكن الاستفادة من النتائج في المناطق

المتشابهة الظروف والعوامل المؤثرة على التعرية، ومن الطرق المتبعة في التجارب الحقلية ما يأتي:-

أ- استخدام أوتاد حديدية أو خشبية متساوية الطول تثبت في أرض المنطقة التي يراد قياس التعرية فيها بحيث يتم توزيع تلك الأوتاد على مساحة المنطقة بأبعاد متساوية وتكون الاجزاء البارزة من الاوتاد فوق سطح الارض متساوية الارتفاع. فبعد فترة زمنية محددة يراد قياس التعرية المطرية أو المائية خلالها، طويلة أو قصيرة، أي لمدة سنة أو عدة سنوات أو أقل من ذلك، إذ تعمل التعرية على تخفيض سطح الأرض ضمن تلك المنطقة المحددة فيزداد طول الوتد الظاهر فوق الأرض وبدرجات متفاوتة حسب قوة التعرية وطبيعة صلابة التكوينات، حيث تتركز التعرية في المناطق الضعيفة التماسك وتقل في المناطق الصلبة.

ومن خلال حساب الفرق بين ارتفاع الأوتاد قبل التعرية وبعدها، ومن خلال جمع الفروقات وتقسيمها على عدد الأوتاد يمكن معرفة معدل التعرية في تلك المنطقة خلال تلك الفترة الزمنية.

فعلى سبيل المثال كان عدد الأوتاد ٥٠ وكان الفرق في ارتفاعها قبل وبعد التعرية كما يأتي:

١٨ وتد الفرق ٢ سم مجموع الفرق ٣٦ سم

١٦ وتد الفرق ١.٥ سم مجموع الفرق ٢٤ سم

١٦ وتد الفرق ٢.٥ سم مجموع الفرق ٤٠ سم

∴ مجموع الفروقات ١٠٠ سم وعليه معدل التعرية $= \frac{١٠٠}{٥٠} =$ ٢ سم

تعتبر هذه الطريقة غير معقدة وسهلة التطبيق.

ب – مقارنة التعرية بين منطقتين أحدهما مغطاة بالنبات وأخرى خالية منه، أو بين منطقتين مختلفتين الانحدار ومتشابهتي التكوين، وذات مساحات متساوية، ويتم توجيه المياه الجارية فوق تلك المناطق نحو خزانات معينة فيها أوعية كبيرة لتجميع المياه فيها ومن ثم ترسيب ما تحمله من رواسب جرفتها من المناطق التي مرت عليها في قاع الخزان، وعليه يجري قياس كمية تلك الرواسب بوحدة قياس سم^{٣} أو م^{٣}، وبعد الانتهاء من التجربة يمكن معرفة مقدار التعرية في كلا المنطقتين من خلال الفرق بين كمية الرواسب.

فعلى سبيل المثال كان مقدار كمية الترسبات المتجمعة من المنطقة الأولى التي مساحتها ٥٠ م٢ ٢/١ م٣ لذا معدل التعرية يساوي ١سم، أما في المنطقة الثانية وهي نفس المساحة فكان مقدار الرواسب المتجمعة ٤/١ م٣ لذلك كان معدل التعرية ٠.٥ سم وعليه يكون الفرق في التعرية بين الاثنين ٠,٥سم.

٢ - محطات تجريبية:

أجريت تجارب متنوعة على التعرية في محطات تجريبية ثابتة ومتغيرة، وفي الثابتة أو الدائمة يتم الاعتماد على وحدات تجريبية محددة بحواجز وذات مساحات معلومة، ودرجة انحدار وطول المنحدر ونوع التربة، ويتم استخدام عدد من الوحدات التجريبية حسب الغرض من التجربة وعلى العموم يكون على الأقل وحدتين لكي تجري المقارنة بينهما.

ولغرض التعرف على طبيعة التعرية في ظل نوعين من المحاصيل الزراعية على الأقل وفي كل حالة يستخدم نوعين من الأراضي وفي كل مرة تكون الحاجة إلى أربع وحدات، وبتكرار العملية مرتين تكون الحاجة إلى ثماني وحدات تجريبية كل وحدة تكون أبعادها ما بين ٢٢ x ١.٨م و ٥٠ x ٢.٥م وقد تصنع حواف الوحدات التجريبية من المعدن أو الخشب وتكون غير نفيذة وغير قابلة للتآكل وارتفاعاتها ما بين ١٥و ٢٠ سم فوق سطح التربة، كما يوجد في نهاية كل وحدة تجريبية أحواض وباتجاه انحدارها لتجميع المياه الحاملة للرواسب التي يتم قياس حجمها في كل وحدة من الوحدات ومن خلال المقارنة بين تلك الوحدات والتي يقع كل واحد منها تحت تأثر عامل معين من العوامل المؤثرة في التعرية فيتضح أي العوامل أكثر تأثيراً(٨).

٣ - قياس عام للتعرية مثل كمية الرواسب التي تحملها مياه الأنهار وتتجمع أمام السدود وخاصة أوقات الفيضانات التي تعبر عما تفقده أحواض الأنهار من رواسب بواسطة التعرية خلال كل فترة من الزمن والتي على ضوئها يمكن تقدير ما يفقده الحوض من رواسب ومقدار انخفاض سطح الأرض بصورة عامة والمشاكل المترتبة على ذلك.

مراجع الفصل الرابع

١ – د. عبد المنعم بلبع ود. ماهر جورجي نسيم: تصحر الأراضي في الوطن العربي، منشأة المعارف الاسكندرية ١٩٩٠ ص ٨٦.

٢ – المصدر السابق ص ٩٠.

٣ – د. محمد عبده العودات ود. عبدالله بن يحيى باحمي؛ التلوث وحماية البيئة، مطابع جامعة الملك سعود ط٣، المملكة العربية السعودية ١٩٩٧ ص ٣٠١.

٤ – د. جودت حسنين جودت، جغرافية البحار والمحيطات، دار النهضة العربية للطباعة والنشر بيروت ١٩٨١ ص ٣٥٢.

٥ – عبد الإله رزوقي كربل؛ علم الأشكال الأرضية الجيوموفولوجيا، مصدر سابق ص ٢٣٥.

٦ – د. جودت حسنين جودت؛ معالم سطح الأرض، مصدر سابق ص ٤٤٤.

٧ – د. حسن سيد أحمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا، دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، ط٣، مؤسسة الثقافة الجامعية، القاهرة ١٩٧٦، ص ١١٩.

٨ – د. عبد المنعم بلبع وزميله؛ تصحر الأراضي في الوطن العربي، مصدر سابق ص ٩٧.

الفصـل الخـامـس

التطبيقات الهيدرومورفومترية في دراسة الأنهار

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ أمن جعل الأرض قراراً وجعل خلالها أنهاراً
وجعل لها رواسي وجعل بين البحرين حاجزاً أءله
مع الله بل أكثرهُم لا يعلمون ﴾

صدق الله العظيم

[الآية ٦١ سورة النمل]

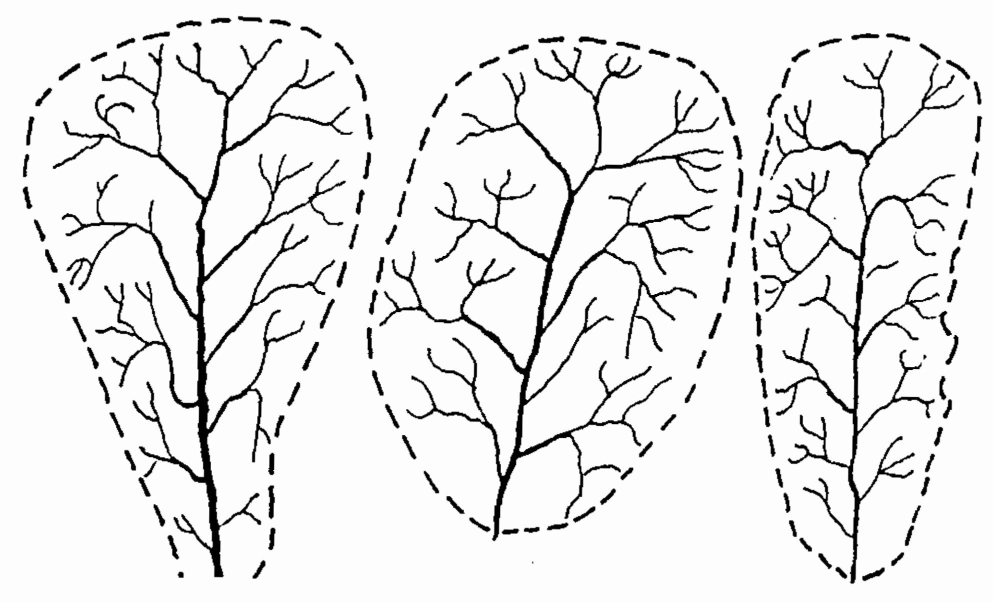
تعني التطبيقات الهيدرومورفومترية استخدام الطرق والأساليب الهيدرولوجية والجيوموفولوجية في دراسة الأنهار وصفاً وقياساً للتعرف على الخصائص العامة لأحواضها وأوديتها وقنواتها وطبيعة عملها الجيومورفولوجي من تعرية وإرساب وما ينتج عنه من مظاهر متنوعة، والتطور المورفولوجي لقناة النهر التي تنعكس آثارها على المشاريع والأنشطة المختلفة.

وعليه فالموضوع واسع إلا أنه سيتم التركيز على الجوانب الأساسية ذات العلاقة بموضوعات الجيوموفولوجيا التطبيقية الذي سيشمل حوض النهر وواديه ومجراه وكما يأتي:

أولاً - حوض النهر River Basin

ويعني جميع الأراضي المحيطة بمجرى النهر أو الوادي في المناطق الجافة التي تزودهما بالمياه عن طريق الجريان السطحي أو الجوفي ويفصلها عن الأحواض الأخرى أراض مرتفعة تمثل أعلى نقطة فيها منطقة تقسيم المياه بين حوض وآخر التي يطلق عليها خط تقسيم المياه وهو خط يحيط بالحوض ماراً بأعلى نقطة مرتفعة ليمثل الحد الفاصل بين حوض وآخر ويكون واضحاً في الخرائط الطوبوغرافية الخاصة بتلك الأحواض التي تظهر فيها على أشكال مختلفة منها الدائري والبيضوي والمستطيل والكمثري. شكل رقم (٥٧) .

شكل رقم (٥٧) أنواع أحواض التصريف



وكلما كان الحوض كبيراً زادت كمية المياه الواردة إلى النهر أو الوادي في المناطق الصحراوية ولغرض زيادة الايضاح سيتم التطرق إلى التطبيقات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية المتعلقة بالأحواض وكما يأتي:-

١ - القياسات المورفومترية للحوض : وتشمل ما ياتي:

أ - مساحة الحوض :

تقاس مساحة الحوض بعدة طرق منها استخدام البلانيمتر على الخريطة الكنتورية أو عن طريق الصور الجوية أو أي أجهزة مساحة تستخدم في هذا المجال.

ب - نسبة الاستطالة :

تعبر نسبة الاستطالة عن مدى امتداد الحوض مقارنة مع شكل المستطيل إذ ترتفع نسبة الاستطالة في الأحواض المستطيلة بينما تنخفض في الأحواض ذات الأشكال الأخرى، ويعبر عن تلك النسبة من خلال ما يأتي:-

$$\frac{\text{طول قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض}}{\text{أقصى طول للحوض}}$$

فعلى سبيل المثال وادٍ أقصى طول له ٧٥ كم وقطر الدائرة المساوية لمساحته ١٧ كم، لذا نسبة الاستطالة = $\frac{١٧}{٧٥}$ = ٠.٢٢٦ وهذه النسبة تشير إلى اقتراب شكل الحوض من الاستطالة (تكون النسبة بين ٠ - ١) إذ يكون الشكل قريباً من الاستطالة إذا كان أقرب إلى الواحد من الصفر.

جـ - نسبة الاستدارة:

وتوضح مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض بالنسبة للشكل الدائري المنتظم ويعبر عنها بالعلاقة الآتية:

$$\frac{\text{مساحة الحوض كم}^{٢}}{\text{مساحة الدائرة التي محيطها يساوي محيط الحوض}}$$

حيث تشير القيم العالية إلى اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري مثال حوض مساحته ١٨٥ كم^{٢}، ومساحة الدائرة التي محيطها يساوي محيط الدائرة ٢١٠ كم، لذا

تكون نسبة الاستدارة = $\frac{١٨٥}{٢١٠}$ = ٠.٨٥٧ وهذه النسبة تشير إلى قرب الحوض من الاستدارة.

د - قياس عرض الحوض:

يتم قياس عرض الحوض في عدة مواضع لبيان أوسع المناطق وأضيقها ومتوسط عرض الحوض.

هـ - معامل شكل الحوض:

ويعبر عن العلاقة بين مساحة الحوض وطوله، أي من خلال $\frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{مربع طول الحوض كم}}$

حيث تدل القيمة المنخفضة على صغر مساحة الحوض بالنسبة لطوله.

و - تضرس الحوض: ويشمل الجوانب الآتية:

أ - معدل التضرس = $\frac{\text{(الفرق بين اعلى نقطة وادنى نقطة بالحوض)}}{\text{طول الحوض}}$

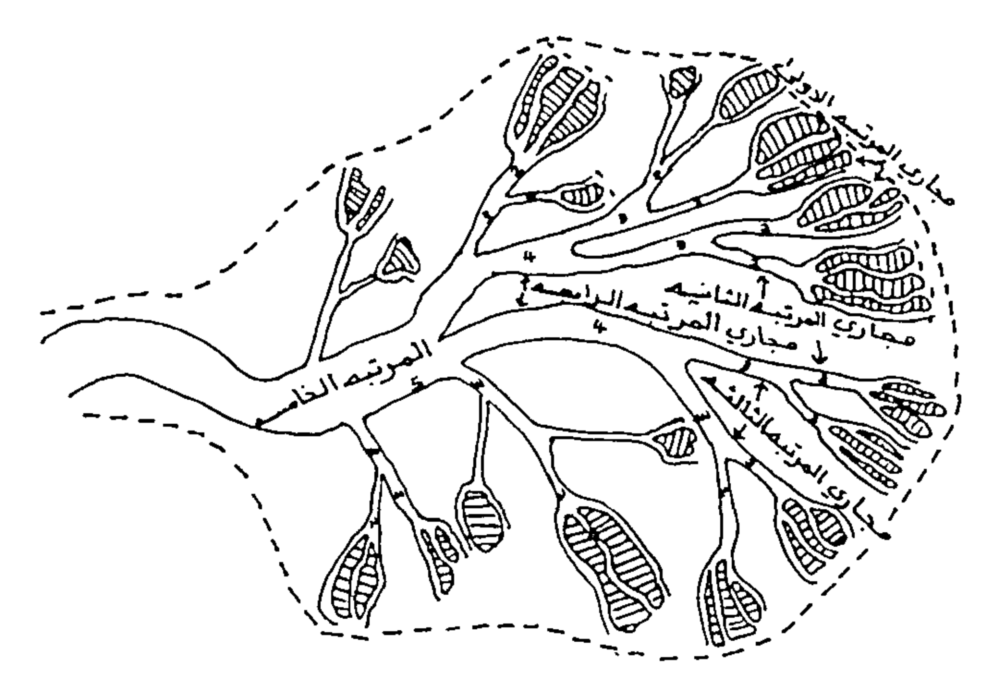
ب - نسبة التضري = $\frac{\text{(الفرق بين اعلى نقطة وادنى نقطة بالحوض)}}{\text{اقصى طول للحوض}}$

جـ - قيمة الوعورة = $\frac{\text{كثافة التصريف X (الفرق بين اعلى واقل منسوب بالحوض)}}{\text{طول الحوض}}$

٢ - قياس خصائص الشبكة المائية في الحوض:

أ - رتب المجاري المائية:

تتوزع المجاري المائية في الحوض بشكل رتب تقل عدداً وتزداد سعة من رتبة لأخرى، حيث تبدأ بمجار صغيرة وكثيرة تمثل المرتبة الأولى وهي تلتقي مع بعضها لتكون المرتبة الثانية التي تكون أقل عدداً أو أكثر سعة من الأولى، وتلتقي مع بعضها لتكون المرتبة الثالثة، كما تلتقي روافدها لتكون المرتبة الرابعة ومنها تتكون المرتبة الخامسة، التي تمثل الوادي أو المجرى الرئيسي. شكل رقم (٥٨) ويستفاد من دراسة رتب المجاري في التعرف على جوانب متنوعة لها أهمية في المجالات الجيومورفولوجية والهيدورلوجية ذات العلاقة بالمشاريع والأنشطة المختلفة مثل السدود والخزانات، ومن هذه الجوانب ما يأتي:



شكل رقم (٥٨) رتب المجاري المائية في احواض التصريف

١ - نسبة التشعب:

وتعبر عن العلاقة بين عدد المجاري في كل مرتبتين متتاليتين ويساوي:

$$\frac{\text{عدد المجاري في مرتبة ما}}{\text{عدد المجاري في المرتبة التي تليها}}$$

مثال، حوض مساحته ١٨٠كم٢ وكان طول وعدد المجاري فيه كما في الجدول رقم (٢)

جدول رقم (٢) يوضح طول وعدد المجاري في حوض نهر او واد جاف

المرتبة	عدد المجاري	نسبة التشعب	مجموع طول المجاري/كم	معدل طول المجاري/كم
١	٢٦٠		٢٢٠	٠٫٨٤٦
٢	٦٠	٤٫١٢	٩٠	١٫٥
٣	١٥	٤	٧٢	٤٫٥
٤	٤	٣٫٧٥	٣٨	٩٫٥
٥	١	٤	٦٠	٦٠
	٣٤٠		٤٨٠	

ومن الجدول يمكن معرفة نسبة التشعب التي تكون بين الأولى والثانية

$\frac{٢٦٠}{٦٠}$ = ٤.١٢ وبين الثانية والثالثة $\frac{٦٠}{١٥}$ = ٤ وبين الثالثة والرابعة $\frac{١٥}{٤}$ = ٣.٧٥

وبين الرابعة والخامسة $\frac{٤}{١}$ = ٤ .

٢- معدل أطوال المجاري:

يمكن معرفة معدل أطوال المجاري في كل مرتبة رغم أنها متباينة الأطوال من مكان لآخر وذلك من خلال العلاقة بين عدد المجاري وأطوالها

$$\text{معدل أطوال المجاري في مرتبة ما} = \frac{\text{مجموع اطوال المجاري في المرتبة}}{\text{عدد المجاري في المرتبة}}$$

فمعدل المجاري في المرتبة الأولى في المثال السابق = $\frac{٢٢٠}{٢٦٠}$ = ٠.٨٤٦ كم

وعلى العموم أطوال المجاري في المرتبة الأولى تكون قصيرة مقارنة بالمراتب الأخرى.

أما في المرتبة الثانية فتساوي $\frac{٩٠}{٦٠}$ = ١.٥ كم وفي الثالثة $\frac{٧٢}{١٥}$ = ٤.٨ كم

وفي الرابعة $\frac{٣٨}{٤}$ = ٩.٥ كم ، أما الأخيرة فتساوي $\frac{٦٠}{١}$ = ٦٠ كم

٣ - كثافة التصريف :

وتعبر عن العلاقة بين مجموع أطوال الأودية في الحوض ومساحته حيث أن:

كثافة التصريف = $\frac{\text{مجموع اطوال الاودية في الحوض كم}}{\text{مساحة الحوض كم}^2}$ ومن المثال السابق = $\frac{٤٨٠}{١٨٠}$ = ٢.٥٩

أي كل ١ كم^2 يتضمن ٢.٥٩ كم، وهذا يعني أن الأودية في الحوض قليلة وينعكس ذلك على التصريف الذي يقل مع قلة الأودية ويزداد بزيادتها.

ب - معامل الانعطاف:

يوضح معامل الانعطاف العلاقة بين الطول الحقيقي والمثالي للمجرى المائي

أي معامل الانعطاف = $\frac{\text{طول المجرى الحقيقي}}{\text{طول المجرى المثالي}}$ ويعني الطول الحقيقي طول المجرى على الأرض من المنبع إلى المصب بما يتضمنه من التواءات وانحناءات، أما الطول المثالي فيعني طول الخط المستقيم أو المسافة المستقيمة الممتدة من المنبع حتى المصب دون تعرجات أو انحناءات، شكل رقم ٥٩ وكلما كان الرقم كبيراً دل على زيادة تعرج المجرى الذي تنعكس آثاره على سرعة جريان الماء، فالمسافة التي تقطعها المياه من بداية المجرى حتى نهايته تزداد، كما تزداد الفترة الزمنية التي تستغرقها المياه لقطع تلك المسافة.

مثال نهر طوله الحقيقي ١٥٠كم والمثالي ١٠٠كم فكم يكون معامل الانعطاف؟

ويساوي $\frac{١٥٠}{١٠٠}$ = ١.٥ وتعد نسبة عالية.

شكل رقم (٥٩) الطول المثالي والحقيقي لمجرى النهر

ثانياً- وادي النهر River valley

يعني وادي النهر جميع الأراضي الواقعة على جانبي مجراه التي تغمرها مياهه عند الفيضان والتي يترتب عليها ترسيب ما تحمله من رواسب حسب طبيعة الفيضان، إذا كان على شكل موجة عالية تزداد الحمولة وبالعكس كما تزداد المساحة التي تغمرها المياه كلما ارتفع منسوب المياه، لذلك تكونت السهول الفيضية على جانبي مجرى النهر خاصة في الفترة الزمنية الماضية وقبل أن يتدخل الإنسان في شؤون الأنهار حيث كان الوادي يمثل مسرحاً للعمليات النهرية إذ استطاع النهر من تغيير مجراه ضمن واديه تاركاً وراءه العديد من المعالم أو المظاهر مثل البحيرات الهلالية أو البحيرات المقطوعة أو الميتة والمدرجات النهرية وقد يتحكم بطبيعة الوادي ما يحيط بالمجرى من تضاريس فقد تكون على شكل هضبة مرتفعة او وتلال أو جبال بحيث لا يمكن أن تغمرها مياه النهر عند

الفيضان لذا لا تظهر السهول الفيضية في مثل تلك المناطق، وتعد المظاهر التي يتركها النهر في واديه ذات أهمية كبيرة لذلك حظيت باهتمام الجيومورفولوجيين خاصة والجغرافيين والجيولوجيين عامة وفيما يلي دراسة مورفومترية لتلك المظاهر وكما يأتي:

١- المدرجات النهرية River terraces

تدل المدرجات النهرية على المستويات السابقة لمجاري الأنهار التي تركتها بعد أن غيرت مجراها أو عمقته، ويكون بعضها على شكل صخور صلبة وعلى شكل مصاطب والبعض الآخر على شكل ترسبات متنوعة من الحصى والجلاميد والرمل والحجر الطيني.

أي أن بعضها ناتج عن عمليتي التعرية والإرساب والبعض الآخر ناتج عن عملية إرساب فقط أو عملية تعرية فقط. كما تكون على مستويات مختلفة بعضها واطئة وهي التي توجد في السهول الفيضية والبعض الآخر تكون على مستوى مرتفع وهي ناتجة عن الفيضانات ذات الموجات العالية التي تجلب معها رواسب مختلفة الأحجام والتي تكون متكررة لذا تظهر تلك المدرجات على شكل طبقات ذات رواسب مختلفة. وقد تكون تلك المدرجات ذات مستويات مزدوجة أي تظهر على جانبي المجرى وبنفس المستوى لذلك تسمى التوأمية لأنها تكونت في آن واحد وتكون متناظرة في مستوياتها. أو تكون منفردة أي تظهر على جهة واحدة فقط من المجرى، وعلى العموم تكون المدرجات الفيضية منفردة وواطئة وهي تمثل الحافات الخارجية للمنعطفات ولهذا تختفي معالمها بسرعة خاصة وأنها تقع تحت تأثير النشاط البشري الذي يتركز في السهول الفيضية. وعلى أية حال نحن لسنا في صدد تكوينها بل كيفية دراستها مورفومتريا وكما يأتي:

أ - رسم مقاطع عرضية للأودية النهرية لتحديد مواقع المدرجات بعد أن يتم تحديد المناطق المتوقع وجود المدرجات فيها ومن خلال الدراسة الميدانية إذ تظهر الترسبات النهرية واضحة ومتميزة عن غيرها، ويكون رسم المقطع وفق الخطوات الآتية:

١ - توفير خريطة كنتورية لوادي النهر لتعيين المواقع التي يراد رسم مقاطع لها على الخريطة بواسطة خط يتعامد على امتداد مجرى النهر والمناطق المجاورة له التي يتوقع وجود مدرجات فيها.

٢ - توضع حافة الورقة التي يراد رسم مقطع عليها بشكل مطابق وموازٍ للخط الذي تم

رسمه على الخريطة الكنتورية لتعيين موقع المقطع العرضي ومن ثم تثبت أرقام الخطوط الكنتورية التي يقطعها الخط على حافة تلك الورقة.

٣ – تثبيت المسافة بين خط وآخر من خلال مقياس رسم الخريطة.

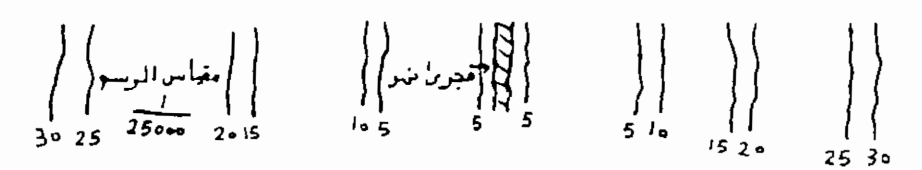
٤ – رسم خط أفقي يمثل المسافة الأفقية للمقطع، وخطين عند نهايتي الخط الأفقي متعامدين عليه يمثلان ارتفاع مستويات المدرجات على جانبي المجرى.

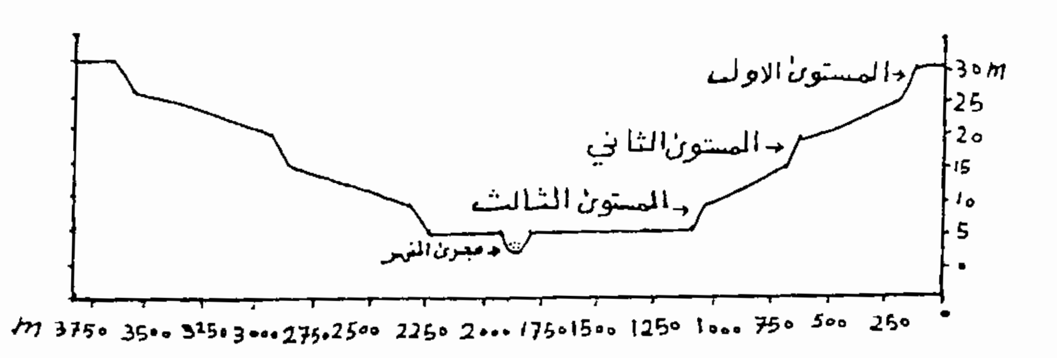
٥ – تحديد مواقع أرقام الخطوط الكنتورية المثبتة أعلى الورقة حسب ارتفاعها وبعدها عن بعضها البعض إذ تتباين المسافات بين خط وآخر وكلما اقتربت من بعضها تكون أكثر انحداراً وأقصر مسافة وبالعكس، والتي من خلالها يمكن تحديد مواقع المدرجات النهرية أذ يكون شكل المقطع على شكل مدرج.

٦ – ايصال الأرقام مع بعضها بخط متصل فيظهر الشكل العام للمقطع في المنطقة المحددة، كما يظهر من خلال تعرجاته موقع تلك المدرجات وإذا كانت متناظرة أو غير متناظرة. شكل رقم (٦٠).

شكل رقم (٦٠)

مدرجات نهرية متعددة المستويات ومتناظرة



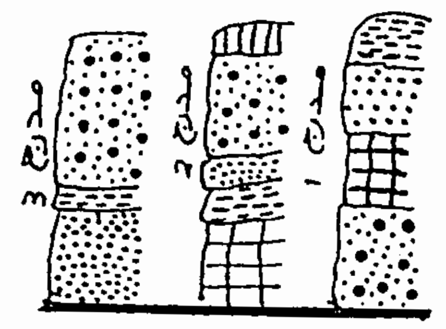


وتعد المدرجات النهرية ذات أهمية كبيرة في النشاط البشري بأنواعه المختلفة العمرانية والاقتصادية، إذ تمثل المصدر الرئيسي للحصى والرمل الذي يستخدم في بناء المنشآت والمشاريع المختلفة.

ب - رسم مقاطع جيولوجية لتكوينات المدرجات والتي تكون على شكل طبقات متعددة وذات ترسبات متباينة الحجم ومختلفة السمك واللون شكل رقم (٦١).

٢ - البحيرات الهلالية:

وهي من مخلفات المنعطفات التي تركتها الأنهار عندما غيرت مجاريها، وسميت هلالية لأنها تشبه الهلال أو حذاء الفرس كما تسمى بالبحيرات الميتة أو المقطوعة أو الشطوط، وتكون عبارة عن منخفضات مملوءة بالمياه في الغالب وينمو حولها النبات الطبيعي.



شكل رقم (٦١)
مقاطع جيولوجية لمكونات المدرجات النهرية.

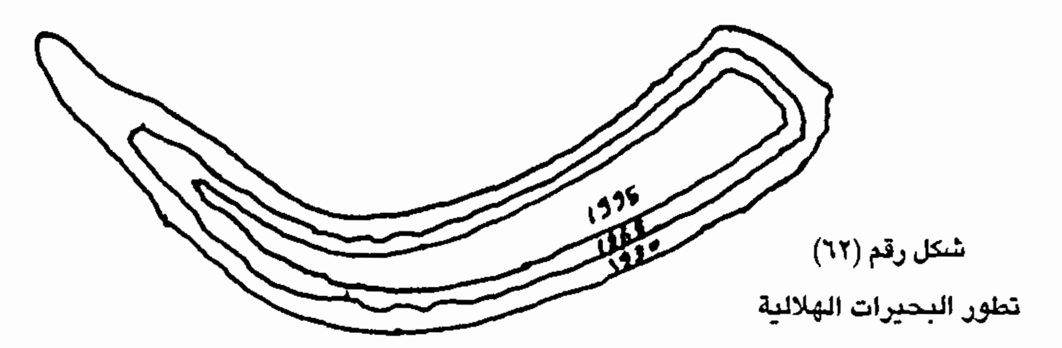
وتعد من المظاهر التي توجد ضمن السهول الفيضية في المواقع التي غيرَّ النهر فيها مجراه والتي تمر في مراحل مورفولوجية عبر السنوات التي مرت عليها بعد ظهورها.

ويظهر ذلك واضحاً من خلال المقارنة بين شكلها وأبعادها منذ أن وجدت وحتى الوقت الحاضر ومن خلال الخرائط والصور الجوية المتوفرة عنها حيث يمكن متابعة التطورات المختلفة التي تشهدها تلك البحيرات فقد تتعرض إلى التقلص في الامتداد الطولي والاتساع بشكل طبيعي من خلال انخفاض مناسيب المياه فيها، أو بسبب تأثير الإنسان عن طريق دفن أطرافها لاستغلالها في مجالات عدة.

ومن خلال المقارنة بين شكل البحيرة في الماضي والحاضر يظهر الفرق في المظهر العام وأكثر الجهات تراجعاً فعلى العموم تكون قمة المنعطف أكثر المناطق اتساعاً وعمقاً. شكل رقم (٦٢).

ومن الجدير بالذكر أن وجود المياه في تلك البحيرات يعود أما لقربها من مجرى النهر

أو لأنها ناتجة عن تصريف المياه الزائدة عن الري إليها، أو لتسرب المياه إليها من الأراضي والقنوات المجاورة لها. وإذا لم تتوفر تلك الظروف فتكون جافة في الصيف ومملوءة بالمياه في فصل الشتاء أو موسم سقوط الأمطار. وهذا النوع الأخير لا يظهر فيه التطور كما في النوع السابق المملوء بالماء.



شكل رقم (٦٢)

تطور البحيرات الهلالية

ولغرض متابعة التطور المورفولوجي لتلك البحيرات وإجراء دراسة مورفومترية لها فإن ذلك يكون وفق الجدول رقم (٣) .

جدول رقم (٣) التطرز المورفولوجي للبحيرات

اسم البحيرة	موقعها	التغير في طول البحيرة/م			التغير في عرض البحيرة/م			اتجاه تقعر البحيرة	الموقع بالنسبة للمجرى
		للسنوات			للسنوات				
		١٩٣٠	١٩٦٠	٢٠٠٠	١٩٣٠	١٩٦٠	٢٠٠٠		
الريحانه	مقاطعة الريحانه	٧٠٠	٦٠٠	٤٥٠	٢٢٠	١٧٠	١٤٠	شمالاً	اليمنى

يعني موقعها موقع البحيرة في أي مقاطعة أو أقرب ظاهرة طبيعية أو بشرية لها شرقها أو غربها أو شمالها أو جنوبها.

أما الطول فهو يتغير ويقصر بمرور الزمن، أما عرض أو سعة البحيرة الذي هو الآخر متغير فيؤخذ المعدل العام لعرضها والناتج عن قياس مؤخرتها ووسطها ورأسها، وكذلك الحال بالنسبة لاتجاه تقعر البحيرة فهل يتجه شمالاً أوجنوباً أو غرباً أو شرقاً وأخيراً

الموقع بالنسبة للمجرى على أي جهة أو ضفة تقع البحيرة يمين أو يسار المجرى.

ثالثاً مجرى النهر أو قناة النهر:

يعني مجرى النهر القناة المحددة المعالم التي تجري فيها المياه من المنبع حتى المصب وتكون منخفضة عن الأراضي المحيطة بها، وتكون ذات أنماط متباينة في مقاطعها الطولية والعرضية. كما تتباين المجاري في طبيعة جريانها وتصريفها وأنماطها وكما يأتي:-

١ - نوع المجرى وطبيعة الجريان: حيث تتخذ مجاري الأنهار أشكال عدة وكما يأتي

أ - نهر وحيد المجرى أو ثنائي المجرى أو متعدد المجاري ويسمى جدائلي أو ضفائري لأنه يشبه جديلة أو ضفيرة الشعر.

ب - مجرى عميق ومجرى ضحل.

جـ- مجرى مستقيم ومجرى متعرج أو ملتوٍ.

د - مجرى شديد الانحدار أو معتدل أو بسيط.

هـ - نهر دائم الجريان أو متقطع الجريان.

٢ - أنظمة التصريف النهري:

أ - النظام التصريف البسيط:

يظهر هذا النوع من التصريف في الأنهار التي تحدث فيها فترة فيضان واحدة.

ب - نظام تصريف معقد من الدرجة الأولى، وهو نظام مزدوج يظهر في الأنهار التي تحدث فيها فترتي فيضان أحدهما بسبب الأمطار وأخرى بسبب ذوبان الثلوج مثلاً في بداية الصيف أو وجود فترتي مطر.

جـ- نظام تصريف معقد من الدرجة الثانية، ويظهر هذا النوع في الأنهار التي تمر في مناطق ذات خصائص مناخية متنوعة وتصب فيها روافد عديدة ولكل رافد نظام خاص يتميز به عن غيره مما يسهم ذلك في إدامة استمرار التصريف بمناسيب جيدة حتى في الفصول الجافة مثل نهر النيل والدانوب والمسيسبي[٢].

٣ - أنماط التصريف النهري:

تتباين أشكال التصريف النهري من مكان لآخر اعتماداً على عدة عوامل طبيعية منها ما يأتي:-

أ - طبيعة انحدار سطح الأرض.

ب - نوع التراكيب الصخرية وطبيعة بنية الطبقات.

جـ - مدى تجانس المكونات الصخرية.

د - نوع المناخ السائد في المنطقة.

هـ - طبيعة التضاريس الأرضية.

و - التطور المورفولوجي للمجرى.

ز - أثر الحركات التكتونية وما ينتج عنها من التواءات وانكسارات تنعكس آثارها على التصريف.

وأنماط التصريف تختلف من مكان لآخر وتتنوع حسب العامل الرئيسي الذي يتحكم فيها وعلى العموم يمكن تصنيفها إلى نوعين حسب العامل المؤثر الرئيسي وكما يأتي:

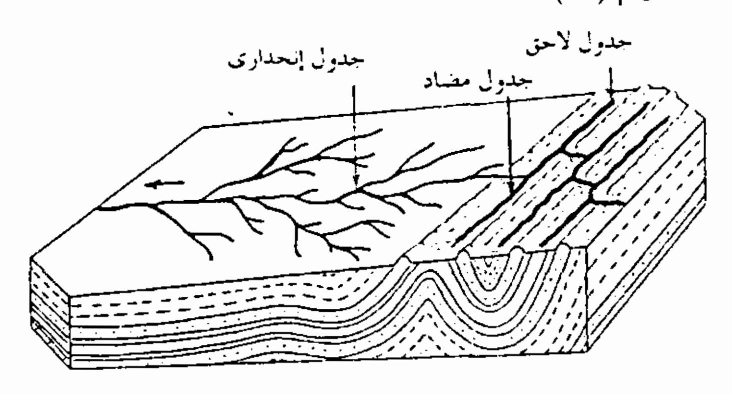
١- أنماط التصريف حسب ميل الطبقات:

وتنقسم إلى عدة أنواع منها ما يأتي:

أ - أنها تتبع مجاريها ميل الطبقات ولذلك تسمى أنهاراً تابعة Consequent stream.

ب - أنهاراً تسير مجاريها في اتجاه معاكس لميل الطبقات لذا تسمى أنهاراً معاكسة أو مضادة Obsequent stream.

جـ- أنهار تجري مع مضرب الطبقات أو بشكل موازٍ لخط الظهور وتسمى الأنهار التالية Subsequent stream . شكل رقم (٦٣).



شكل رقم (٦٣)
علاقة مجاري المياه
بميـل الطبقات

د – أنهار تجري في اتجاهات لا علاقة لها بميل الطبقات لذا تسمى أنهار غير محددة الاتجاه Insequent stream [٢].

٢ – أنماط التصريف حسب طبيعة التضاريس وبنية الطبقات الصخرية

تتحكم طبيعة التضاريس ومكوناتها بالتصريف النهري لذا ظهرت أنماط متميزة في المناطق الجبلية والهضبية والمنبسطة والمنخفضة وكما يأتي:–

أ – التصريف الشجري:

يسود هذا النوع من التصريف في المناطق الصخرية المتجانسة التركيب والبنية إذ تلتقي الروافد مع بعضها مكونة زوايا حادة وتكون ذات روافد كثيرة وقصيرة بحيث أنها تشبه الشجرة. شكل رقم (٦٤ أ).

ب – التصريف المتشابك

يظهر في المناطق ذات الحافات الصخرية والكويستات التي تتكون من أنهار طولية ومتوازية تتجه مع ميل الطبقات ويتصل بها روافد عرضية تشق مجراها في الطبقات اللينة أو الضعيفة وتشكل مناطق اتصال الروافد بالمجرى زوايا قائمة، ويسود هذا النوع من التصريف في المناطق ذات التراكيب الصخرية الطباقية المتعاقبة صلبة وضعيفة، وقد تتضمن الطبقات الصخرية صدوع وكسور وفواصل فتتبع المجاري تلك الصدوع والكسور شكل رقم (٦٤ ب).

جـ – التصريف المستطيل:

يتكون هذا النوع في المناطق التي تحتوي على مفاصل وفوالق وصدوع التي تتبعها المجاري وتلتقي مع بعضها بزوايا قائمة وتكون مستطيلة الشكل، شكل (٦٤ جـ).

د – التصريف المركزي:

ويظهر هذا النوع من التصريف في المناطق التي تتجه فيها المجاري نحو منخفضات حوضية من عدة جهات ومن الأمثلة على ذلك الأنهار التي تنحدر نحو البحيرات البركانية. شكل رقم (٦٤ د).

هـ – التصريف المتوازي:

وهي عبارة عن مجارٍ طولية تجري بشكل متوازٍ وتفصل بينها مسافات متقاربة، ويظهر هذا النوع في المناطق الصحراوية. شكل رقم (٦٤ هـ).

و - التصريف الشعاعي:

ويظهر هذا النوع في المناطق المرتفعة حيث تنحدر المجاري من قمة الجبل نحو الأسفل وفي اتجاهات عدة. شكل رقم (٦٤ و).

ز - التصريف المشوش:

يتكون هذا النوع في ظروف مناخية معينة ولم تتخذ المجاري شكلاً ثابتاً وتكون غير منتظمة وتتضمن الأجزاء العليا من تلك المجاري التواءات، كما يمر النهر في مستنقعات واسعة. وقد ظهر هذا النوع في العصور التي شهدت تغيرات مناخية مثل عصر البلايستوسين شكل رقم (٦٤ ز).

٤ - تطور مجرى النهر:

يمر مجرى النهر بعدة تطورات من حيث العمق والتوسع والامتداد الأفقي من مكان لآخر وكما يأتي:

أ - تعميق المجرى

تتظافر في تعميق المجرى عدة عوامل منها ما يأتي:-

١ - قوة جريان الماء.

٢ - تعرية أو نحت قاع المجرى.

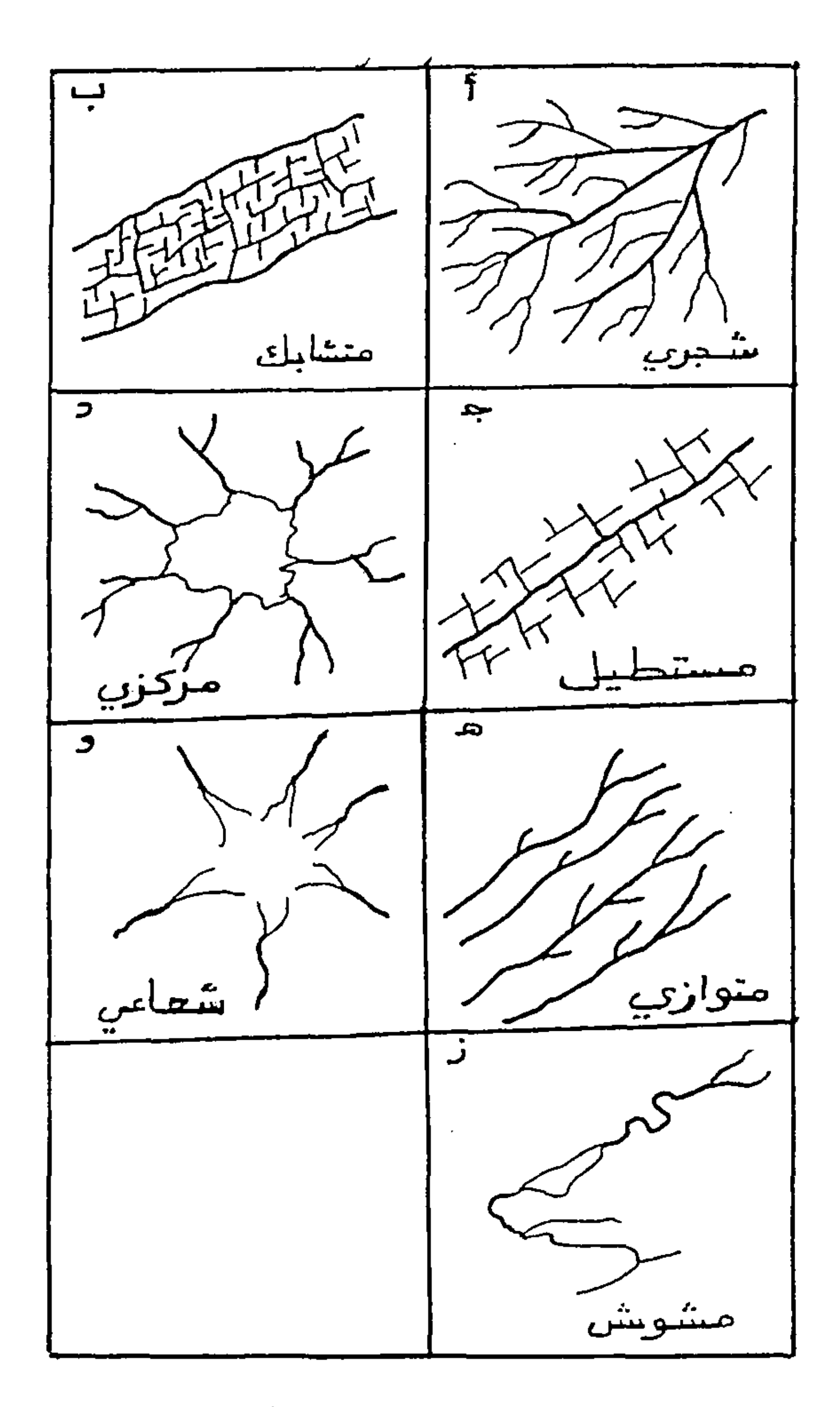
٣ - وجود حفر وعائية في قاع المجرى.

٤ - الحت الكيميائي.

٥ - تعرض قاع النهر إلى التجوية بفعل قوة ضغط الماء.

٦ - طبيعة تكوينات قاع المجرى إذ يزداد العمق في التكوينات الهشة ويقل في التكوينات الصلبة.

ب - توسيع المجرى:



شكل رقم (٦٤) انمــاط التصريف

ويعني القطاع العرضي للمجرى إذ يتوسع المجرى بشكل متباين من مكان لآخر لعدة أسباب هي:

١ – التعرية الجانبية.

٢ – انهيار الضفاف المرتفعة لتعرضها لعمليات التقويض السفلية.

٣ – فعل المياه الجوفية التي تتسرب من المناطق المحيطة بالمجرى إليه.

٤ – تأثير الرياح من خلال ما تحدثه من أمواج على الضفاف.

٥ – مواقع التقاء الروافد بالمجاري الرئيسية.

جـ _ إطالة الوادي:

يزداد طول الوادي لعدة أسباب منها:

١ – التعرية أو النحت التصاعدي.

٢ – التقويض أو الهدم الذي يحدث في بداية المنابع.

٣ – وجود منخفضات عند منابع الأنهار على شكل أحواض تتجمع فيها المياه لتجري في روافد فتحدث عمليات تعرية وتجوية في تلك الأحواض فيزداد طول المجرى.

٤ – تكون المنعطفات والالتواءات في المجرى تسهم في زيادة طوله.

٥ – تعرض الأرض إلى حركات رفع تكتونية قرب المصبات أو حدوث انخفاض في قاع البحر فيزداد طول النهر(٥).

٥ – التطبيقات الهيدرومورفومترية في دراسة الأنهار

يمكن إجراء عدة تطبيقات جيومورفولوجية وهيدرولوجية في قياس طبيعة المجرى والتصريف وكما يأتي:-

أ – التطبيقات المورفومترية:

١ – رسم مقطع طولي لمجرى النهر:

يعتمد رسم المقطع الطولي لمجرى النهر كلياً أو جزئياً على توفير خريطة كنتورية تتضمن مجرى النهر، التي توضح الفرق في الارتفاع بين المنبع والمصب والمسافة بين خط

كنتور وآخر والتي يتوقف عليها مقدار الانحدار.

٢ - رسم مقاطع عرضية لقناة النهر:

تعبر المقاطع العرضية عن طبيعة اتساع المجرى وعمقه الذي يتغير من مكان لآخر متأثراً بعدة عوامل منها ما يأتي:-

١ - تعرض الضفاف الخارجية للمنعطفات والإلتواءات إلى التآكل فتظهر على شكل أجراف مرتفعة شديدة الانحدار في حين تتعرض الجهة المقابلة إلى الترسيب فتتقدم نحو المجرى وتكون على مستوى منخفض ذات انحدار بطيء.

٢ - عندما يمر النهر في تكوينات متباينة الصلابة إذ تتركز التعرية في المناطق الضعيفة وتقل في المناطق الصلبة لذا يتسع المجرى في الأولى ويضيق في الثانية.

٣ - قلة تغيير سعة المجرى في الأنهار التي تجري في الشقوق والإنكسارات في الطبقات الصخرية الصلبة التي يكون تأثير التعرية والتجوية في الضفاف محدود جداً.

٤ - اتساع مجاري الأنهار في المناطق ذات التكوينات الجيرية والطباشيرية التي تنشط فيها عمليات التعرية والتجوية(٦).

٥ - وجود جزر في وسط المجرى تعمل على تقسيمة إلى قسمين أو أكثر فيتسع المجرى لتركز التعرية في إحدى الضفاف.

٦ - تأثير السدود والخزانات على مجاري الأنهار وخاصة بعد السد وذلك لتغير العمليات النهرية من تعرية وإرساب بسبب التحكم في كمية التصريف التي تنعكس آثارها على المجرى.

ومن الجدير بالذكر أن شكل قناة المجرى وسعتها وعمقها تنعكس آثاره على سرعة التيار الذي يقل مع سعة المجرى وضحالته وتزداد مع ضيقه وعمقه لقلة احتكاك جزئيات الماء بالمجرى.

كيفية قياس المقطع العرضي:

إن قياس المقاطع العرضية للأنهار يكون في الغالب على مسافات منتظمة بين مقطع

وآخر على طول المجرى أو جزء منه الذي يقوم الباحث بدراسته، وفي بعض الأحيان ولصعوبة العملية يختار الباحث مواقع معينة على المجرى حسب ما تتطلبه دراسته ويقوم بقياسها وفق خطوات وإجراءات عدة وكما يأتي:

١ - تحديد المواقع على خريطة المجرى المطلوب إجراء قياس المقاطع عندها كما في الشكل رقم (٦٥).

شكل رقم (٦٥) تحديد مواقع قياس المقاطع العرضية على المجرى



٢ - قياس سعة المجرى في كل موقع بواسطة شريط قماش أو سلك أو حبل أو أي وسيلة حتى بواسطة عداد سرعة الزورق.

٣ - تقسيم المسافة العرضية حسب سعة المجرى في كل موقع إلى أقسام صغيرة ١٥م أو ٢٠ أو ٣٠م حسب ما تتطلبه طبيعة الدراسة، وفي بعض الأحيان لا تكون المسافة بين نقطة وأخرى منتظمة قد يكون مرة قصيرة ومرة أخرى طويلة ولكن يفضل أن تكون منتظمة، خاصة إذا ما تترتب عليها قياس كمية التصريف في المقطع شكل رقم (٦٦أ)

شكل رقم (٦٦ - أ) المقاطع الثانوية ومواقع القياس

٤ - قياس عمق المجرى عند وسط كل جزء من الأجزاء الصغيرة باستخدام قامة طويلة من الحديد أو الخشب مدرجة أو بواسطة سلك برأسه ثقل وتدون تلك الأعماق عند كل جزء.

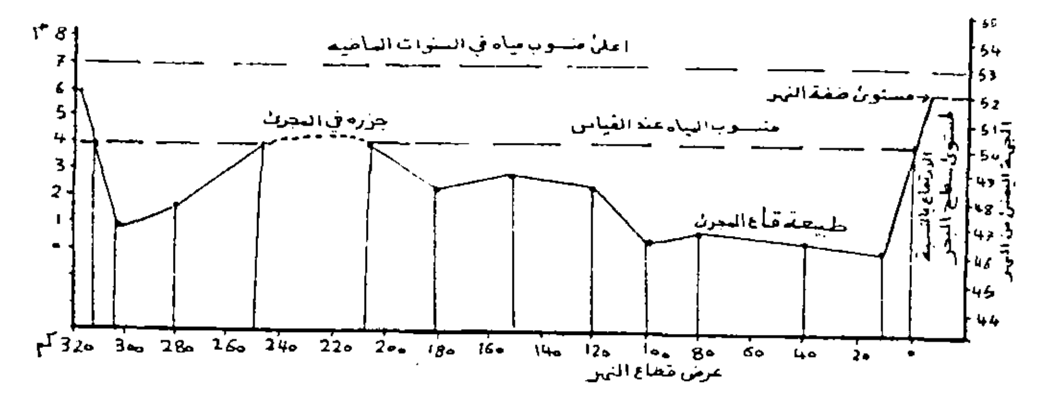
٥ - رسم خط أفقي يمثل طول المقطع أي سعة المجرى وتثبت عليه مواقع القياس ومقدارها، ورسم خطين عند نهايته يمثلان مقدار عمق المياه في المقطع بالأمتار، التي

على ضوئها تحدد المناطق العميقة والضحلة عند تثبيت قياس كل نقطة في مكانها ومن ثم إيصالها مع بعضها ابتداءً من الضفاف بخط والذي يوضح مدى تعرج قاع المجرى أو انتظامه شكل رقم (٦٦ب).

٦ - رسم خط أفقي يمثل مستوى منسوب المياه في النهر عند القياس والذي يكون تحت الضفاف في الأوقات الاعتيادية وفوقها عند حدوث فيضانات عالية المنسوب.

٧ - يدون مكان وتاريخ عمل المقطع العرضي للمجرى لأنه يختلف من وقت لآخر حسب ارتفاع مناسيب المياه وتغير المجرى.

شكل رقم (٦٦ - ب) مقطع عرضي لمجرى النهر



أهمية المقاطع العرضية:

١ - معرفة مساحة المقاطع العرضية لمجاري الأنهار في تلك المواقع التي يستفاد منها في التعرف على كمية التصريف المائي في تلك المنطقة ونصف القطر الهيدروليكي الذي يوضح مدى العمل الجيومورفولوجي للنهر من تعرية وإرساب في ذلك المكان. ويكون من خلال ضرب مساحة كل جزء في عمقه ومن مجموع الأجزاء نحصل على مساحة المقطع العرضي الكلي.

٢ - توضح مدى تراجع الضفاف وتقدمها بين فترة وأخرى وذلك من خلال المقارنة بين مقاطع تلك المنطقة لفترات زمنية مختلفة تظهر من خلالها تراجع الضفاف نحو اليابس في المناطق التي تعرضت إلى تعرية، أو تقدم الضفاف نحو المجرى عندما تلتحم

إحدى الجزر بالضفة القريبة أو حدوث ترسيب عند إحدى الضفاف وبمرور الزمن تتحول إلى جزء من اليابس.

٢ - بيان المواضع العميقة والضحلة في مجرى النهر والتي ترتبط بها سرعة الجريان وعمليات التعرية والإرساب، ويكون ذلك من خلال معرفة المحيط المبتل والذي يمثل طول قاع المجرى مع الضفاف في المقطع العرضي، فمن خلال العلاقة بين المحيط المبتل ومساحة المقطع العرضي نحصل على نصف القطر الهيدروليكي والذي يظهر من خلال قيمته مدى احتكاك الماء بالقاع وحدوث التعرية فكلما قلت القيمة دلت على زيادة الاحتكاك وبالعكس(٧) ويتطلب ذلك إعداد جداول تتضمن معلومات عن الخصائص المورفومترية للمقاطع العرضية. جدول رقم (٤).

جدول رقم (٤) الخصائص المورفومترية للمقاطع العرضية لمجرى النهر

رقم المقطع وموقعه	طول المحيط المبتل (م)	معدل العمق (م)	العرض (م)	مساحة المقطع العرض (م٢)	قيمة نصف القطر الهيدروليكي
١- عند محطة الماء الجهة اليسرى	٢٤٠	٣	٢٨٦	١٨٥٢	٥,٤٤

٣ - تطبيقات مورفومترية على المنعطفات النهرية:

المنعطفات عبارة عن تقوسات في مجاري الأنهار تعود إلى طبيعة تكوينات المجرى والضفاف وعمليات التعرية والإرساب.

ففي المناطق الصخرية الصلبة يتبع النهر في جريانه الفوالق والكسور لذا فإن ما يتضمنه المجرى من منعطفات في تلك المناطق لا تعود إلى العمليات النهرية بل إلى طبيعة الصدوع والانكسارات.

إما المنعطفات التي تتضمنها مجاري الأنهار في السهول الفيضية والتي تكون في تطور مستمر فتعود إلى عمليتي التعرية والإرساب، والتي تنعكس آثارها على النشاط البشري الذي يقع قرب قمم تلك المنعطفات. كما تعمل المنعطفات على إطالة المجرى فتزداد المسافة التي تقطعها موجات الفيضان ولهذا يزداد تأثيرها ومخاطرها على المناطق الواقعة

على جانبي المجرى.

وتتباين الأنهار في نسب تعرجها ويعود ذلك إلى الطول الحقيقي والمثالي للمجرى، إذ تتراوح النسبة ما بين ١ - ٤ حيث يكون النهر مستقيماً إذا كانت النسبة ١,١ ومتعرجاً إذا كان ما بين ١,١ - ١,٥ ويكون النهر منعطفاً إذا زادت النسبة عن ١,٥.

وعلى أية حال فالدراسات المورفومترية للمنعطفات تعتمد على العناصر الآتية:

١ - عرض القناة في المنعطف، إذ تكون في قمة المنعطف أكثر سعة من الأجزاء الأخرى وتظهر كأنها بحيرة.

٢ - طول موجة الانعطاف وهي المسافة بين قمتي المنعطف. شكل رقم (٦٧).

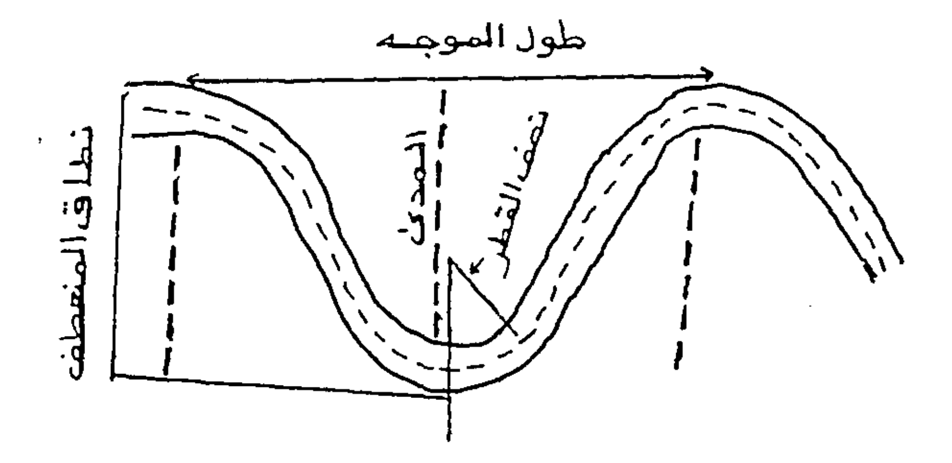
٣ - نصف قطر منحنى الانعطاف.

٤ - المدى ويعني المسافة بين قاع المنعطف وقمة الموجة.

٥ - طول المجرى في المنعطف.

٦ - اتجاه تقعر المنعطف.

شكل رقم (٦٧) أبعاد المنعطف



ولغرض إيجاد العلاقة بين تلك العناصر يتم عمل جدول للخصائص المورفومترية للمنعطفات، جدول رقم (٥)

جدول رقم (٥) الخصائص المورفومترية للمنعطفات

اسم او رقم المنعطف وموقعه	طول الموجة (المحور) (كم)	طول المجرى في المنعطف (كم)	المدى (كم)	معدل عرض المنعطف (م)	نسبة التعرج	نسبة طول الموجة الى معدل العرض	اتجاه تقعر المنعطف
	٣	٤.٥	٢	٣٩٠	١.٥	٧.٥	شمالاً

ومن خلال تلك المعلومات يتم التعرف على ما يأتي:

١ - نسبة التعرج وهي ناتجة من العلاقة بين طول المجرى في المنعطف وطول الموجة أي

نسبة التعرج $\frac{\text{طول المجرى في المنعطف}}{\text{طول الموجه}}$ ومن المثال السابق = $\frac{٤.٥}{٣}$ = ١.٥

٢ - نسبة العلاقة بين طول موجة الانعطاف ومعدل عرض المجرى، وهذا يحتاج إلى قياس عرض المجرى في المنعطف وفي خمسة مواقع على الأقل وتجمع قيمتها وتقسم على عددها للحصول على معدل العرض شكل رقم (٦٨).

فمن الجدول السابق نسبة العلاقة = $\frac{٤٥٠٠}{٣٩٠}$ = ٧.٥.

٣ - تناظر أو عدم تناظر أطراف المنعطفات والإلتواءات في أبعادها.

ويتم ذلك من خلال قياس أطراف المنعطفات وفق معادلة (Whitesell) .

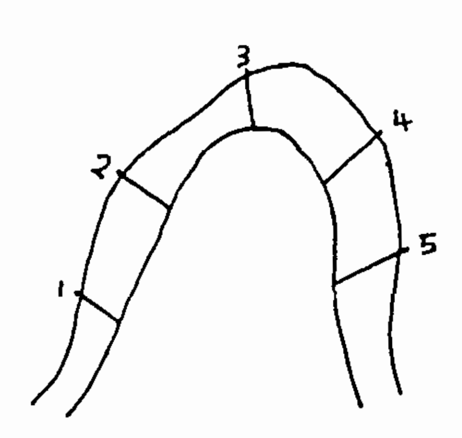
$$\frac{A}{B + A} X ١٠٠$$

حيث يمثل A طول المجرى قبل نقطة الانحراف في قمة المنعطف B طول المجرى بعد A في طرفي المنعطف س و ص

شكل رقم (٦٩) [٨]

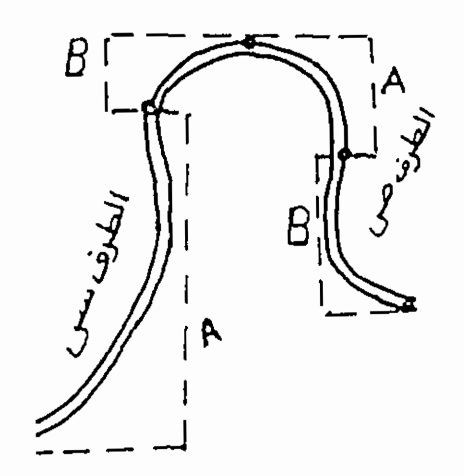
شكل رقم (٦٨)

مواقع قياس عرض المنعطفات



شكل رقم (٦٩)

قياس أطراف المنعطفات



كما يرتب جدول يوضح مقدار القياس وقيمة المقارنة، جدول رقم (٦)

جدول رقم (٦) يوضح قيم التناظر في المنعطفات

اسم المنعطف ورقمه	الطرف س		قيمة معيار التناظر	الطرف ص		قيمة معيار التناظر	درجة التناظر
	طول الجزء A	طول الجزء B		طول الجزء A	طول الجزء B		
١	١٢٥٠	١٢٠٠	٥١.٤	٨٠٠	١٥٠٠	٣٤.٧	غير متناظرة

ومن خلال قيمة التناظر للطرفين س و ص يتضح التناظر وعدم التناظر فإذا كانت النتائج بين ٤٥ و ٥٥ تكون متناظرة، أما إذا كانت أكثر أو أقل من ذلك فتكون غير متناظرة وهذا ما يظهر من المثال السابق إذ يقع أحد الأطراف وهو س ضمن هذا المدى أما الطرف ص فأقل وعليه فهي غير متناظرة.

٤ - التطبيقات المورفومترية على الجزر النهرية:

تتكون الجزر النهرية في مجاري الأنهار نتيجة لتظافر عدة عوامل هي:

١ - زيادة حمولة النهر من الرواسب خاصة أثناء الفيضانات.

٢ - انخفاض سرعة النهر وذلك لعدة أسباب منها ما يأتي:

أ - قلة انحدار المجرى.

ب - اتساع مجرى النهر.

جـ- وجود عائق في المجرى، كتلة صخرية أو أشجار أو جذوع نخل، تكون عائقاً لسرعة الجريان فتعمل على ترسيب جزء من الحمولة النهرية التي تكون نواة أساسية لوجود الجزر في مجاري الأنهار.

د - وجود منعطفات في المجرى والتي يترتب عليها انخفاض الجريان في جهة وزيادة سرعته في جهة أخرى لذا يتركز الترسيب في الجهة الأولى.

هـ- التقاء الروافد بالمجرى الرئيسي للنهر.

و - الدخول في بحيرة أو مستنقع واسع.

ر - انخفاض التصريف بشكل مفاجئ.

ز - إقامة الجسور والسدود على الأنهار التي تتحكم بتصريف المياه. فقبل تدخل الإنسان في شؤون الأنهار كانت الجزر تظهر في أوقات انخفاض التصريف وتختفي عند ارتفاع مناسيب المياه لزيادة قدرة المياه على التعرية، إلا أن إقامة السدود والجسور وتحكمها بكميات التصريف مما سمح بظهور الجزر بشكل يفوق كثيراً ما كان قبل قيام تلك المنشآت ومن الجدير بالذكر أن مواقع الجزر في مجرى النهر تتباين من مكان لآخر كما تتباين أبعادها وأشكالها، ويتطلب ذلك دراسة ميدانية وعمل جدول بذلك. جدول رقم (٧) كما يجب توفير خريطة للمجرى لتعيين مواقع الجزر عليها.

جدول رقم (٧) الخصائص المورفومترية للجزر النهرية

موقع الجزرة او رقمها	اقرب ضفة للجزرة (م)	طولها (م)	متوسط عرضها (م)	مساحتها (م ٢)	شكل الجزرة	ارتفاعها عن منسوب مياه النهر	نوع التربة	نوع النبات الطبيعي الذي يغطيها	تاريخ ظهورها

وفيما يلي توضيح للفقرات التي يتضمنها جدول الدراسة المورفومترية للجزر النهرية:

١ - موقع الجزرة لأقرب ظاهرة طبيعية أو بشرية، أو رقم الجزرة وحسب تسلسلها في

منطقة الدراسة.

٢ - أقرب ضفة للجزرة اليسرى أو اليمنى ومقدار البعد، وربما تكون في موقع وسط بين الضفتين.

٣ - طول الجزرة ويعني أقصى امتداد لها بالأمتار.

٤ - متوسط عرض الجزرة، إذ يتم إجراء قياسات لعرض الجزرة في عدة مواقع أوسعها وأضيقها وأوسطها وتقسيم النتائج على ثلاث فيتم الحصول على متوسط عرض الجزرة.

٥ - شكل الجزرة، تتخذ الجزر أشكال مختلفة دائرية ومغزلية وطولية ومخروطية.

٦ - تاريخ ظهور الجزرة، وهذا يكون من خلال تتبع تاريخ ظهور الجزر من خلال الخرائط الطوبوغرافية الخاصة بمجاري الأنهار وما متوفر من صور جوية لفترات زمنية مختلفة لمجرى النهر التي توضح الفترة التي ظهرت خلالها الجزرة.

٧ - ارتفاع مستوى الجزرة عن منسوب المياه في وقت إجراء القياس، وذلك لتغير هذا المستوى بتغير مناسيب المياه ارتفاعاً وانخفاضاً لذلك فهو يعبر عن الفترة التي تم فيها القياس.

٨ - نوع التربة، يجري اختبار لنوع التربة في تلك الجزرة ومن خلال أخذ نماذج من أماكن مختلفة من الجزرة.

٩ - نوع النبات الطبيعي الذي يغطي تلك الجزر، فبعد مضي فترة لا تزيد عن بضعة أشهر من ظهور تلك الجزر، يبدأ نمو النبات الطبيعي فوقها وكلما مرت فترة أطول على وجود تلك الجزر تنوعت تلك النباتات، وقد تعد تلك النباتات من الجوانب التي يمكن اعتمادها في تمييز الجزرة قديمة أم حديثة فإذا كانت النباتات قصيرة وغير متنوعة فهذا يعني أنها حديثة أما إذا كانت النباتات مرتفعة ومتنوعة فهذا يعني أنها قديمة.

ب - التطبيقات الهيدرولوجية:

تشمل التطبيقات الهيدورلوجية جوانب عدة تتمثل بمنسوب المياه وكمية التصريف والأشكال الهيدروغرافية لذلك، والعوامل المؤثرة في التصريف النهري، لذا سيتم تناول هذه العناصر كل على حدة وكما يأتي:

١ – مناسيب المياه في النهر:

تتغير مناسيب المياه في الأنهار من فصل لآخر متأثرة بعدة عوامل طبيعية وبشرية، كما أنها تتغير من سنة لأخرى اعتماداً على عدم انتظام تساقط الأمطار والثلوج.

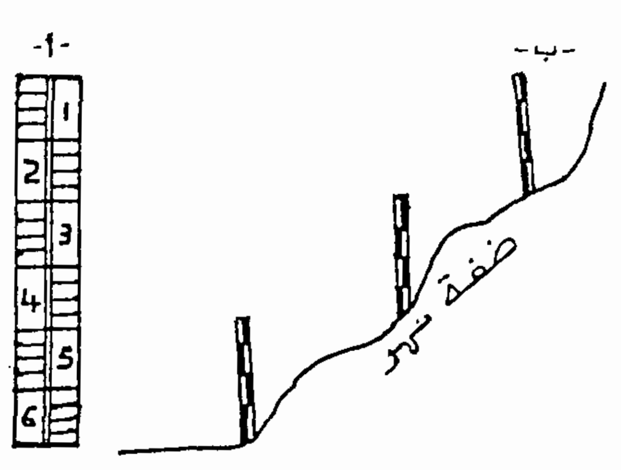
وقد يؤثر ارتفاع المناسيب وانخفاضها على الأنشطة المختلفة التي ترتبط بالنهر مباشرة أو بصورة غير مباشرة، وعليه تقوم أجهزة الري بقياس المناسيب بعدة وسائل قديمة وحديثة وثابتة ومتحركة ومنها ما يأتي:

أ – قامات مدرجة وثابتة:

تستخدم القامات بأوضاع ومواقع مختلفة حسب طبيعة ضفاف النهر التي يراد قياس المناسيب عندها وبشكل ثابت ومستمر، فبعضها تثبت على دعامات الجسور وتكون عبارة عن قامة حديدية ذات طول مناسب لارتفاع وانخفاض مناسيب المياه، وفي حالة عدم توفر جسر يتم تثبيت تلك القامات عند الضفاف على أن تكون في مأمن من عمليات التعرية والإرساب، وتكون على نوعين قامة واحدة مدرجة إلى أمتار وأجزاء المتر ويصل ارتفاعها إلى عدة أمتار حسب المنسوب الأعلى المتوقع للمياه، شكل رقم (٧٠ أ).

أو تكون على شكل قامات متعددة وبشكل متدرج ملائم لطبيعة الضفاف التي تكون ذات انحدار متدرج بحيث تكون على شكل متتالي وكل قامة تبدأ من نهاية التي قبلها وبدون انقطاع وتكون المسافة بين قامة وأخرى حسب ما تتطلبه طبيعة الضفاف، شكل رقم (٧٠ ب).

ولغرض متابعة التغيرات المستمرة في المناسيب تنظم سجلات للقراءة اليومية والمتوسطات الشهرية والسنوية والتي من خلالها يمكن إجراء مقارنات متباينة سنوية وشهرية ويومية.



شكل رقم (٧٠)
أنواع قامات قياس
مناسيب مياه الأنهار

ب - مقاييس يدوية غير ثابتة:

توجد بعض المقاييس اليدوية البسيطة التي تستخدم في قياس المناسيب في مناطق معينة ولفترة محدودة، ومن تلك الوسائل المستخدمة ما يأتي:

١ - قامة حديدية أو خشبية مدرجة يصل ارتفاعها إلى عدة أمتار وتكون خفيفة الوزن ويمكن أن تكون القامة على شكل أقسام اثنين أو ثلاثة يسهل ربطها ببعضها لقياس أعمق المناطق.

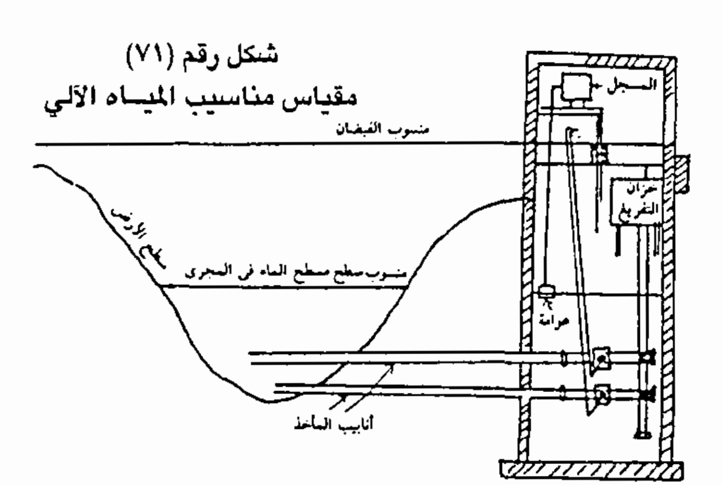
٢ - استخدام سلك بنهايته ثقل ويكون مدرج أيضاً ويكون وزن الثقل مناسب بحيث لا يحركه التيار ففي حالة تحركه مع التيار لا يعطي العمق الحقيقي للماء.

جـ - مقاييس التسجيل الذاتي:

رغم سهولة استخدام المقاييس الثابتة والمتحركة إلا أنها متعبة وخاصة عندما ترتفع المناسيب بشكل غير اعتيادي عند حدوث الفيضانات. ولذلك تستخدم أجهزة التسجيل الذاتي التي تقوم بمتابعة التغيرات في المناسيب بشكل أوتوماتيكي، ومن تلك الأجهزة ما يأتي:-

١ - المقياس الآلي:

يتطلب هذا المقياس عمل محطة خاصة به قرب المجرى ومد أنابيب لنقل المياه من المجرى إلى المحطة التي ترتفع مناسيبها وتنخفض في تلك المحطة كما في المجرى والتي تقوم بتحريك عوامة تتصل بمؤشر يؤشر على ورق بياني مثبت على اسطوانة تدور بمعدل ثابت وتعمل بشكل ميكانيكي أو كهربائي شكل رقم (٧١).



شكل رقم (٧١)
مقياس مناسيب المياه الآلي

٢ - المقياس الالكتروني:

لقد استخدمت المقاييس الالكترونية في مجال قراءة المناسيب من خلال جهاز تسجيل يتضمن كارت أو بطاقة تحتوي على معلومات

خاصة بارتفاع المناسيب والزمن، ولا يقتصر استخدام هذا الجهاز على قياس مناسيب مياه الأنهار بل يستخدم في قياس مناسيب السيول في الأودية الجافة عند سقوط الأمطار.

٣ – مقياس المناسيب القصوى :

يستخدم هذا النوع لتسجيل أعلى منسوب للمياه إذ لا يعود المؤشر أو العوامة إلا بعد قراءة المنسوب وتحريك المؤشر ليكون جاهزاً للتسجيل اللاحق وهناك نوع آخر عبارة عن أنبوب يثبت بشكل عمودي على حامل أو دعامة جسر ويكون مغلقاً من الأعلى وفيه فتحات لدخول الماء من الأسفل وتوضع في داخل الأنبوب قامة مدرجة على طوله وتوضع مادة معينة داخل الأنبوب بحيث تطفو أو تذوب في الماء وتترك أثراً على القامة عند أقصى ارتفاع تصله المياه فعند استخراج القامة يظهر أثر منسوب المياه عليه. شكل رقم (٧٢).[٩]

٢ – تصريف المياه :

المقصود بالتصريف كمية المياه المارة في قناة النهر عند نقطة معينة في فترة زمنية محددة، ويقاس بالمتر المكعب في الثانية (م^{٣} / ثا،

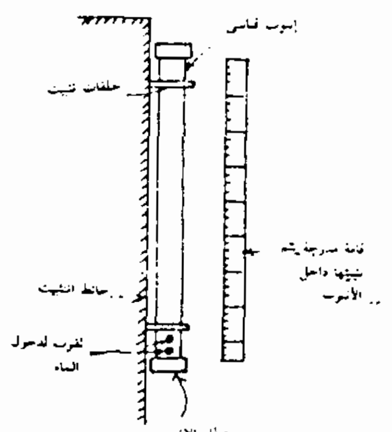
وبواسطة المعادلة $Q = WV$

Q كمية التصريف

W مساحة المقطع العرضي للمجرى

V سرعة جريان الماء في المقطع

ويتطلب قياس التصريف عمل ما يأتي:–

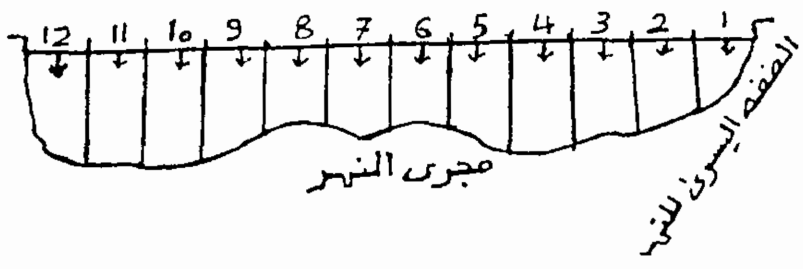


شكل رقم (٧٢)
مقياس أقصى منسوب لمياه النهر

١ – اختيار موقع مناسب يمكن قياس التصريف عنده مثل جسر أو منطقة يسهل مد سلك بين ضفتي القناة ليتحرك معه زورق للقيام بعمليات القياس.

٢ – قياس المقطع العرضي للنهر الذي مر ذكره في الفقرة السابقة وتقسيم عرض المقطع إلى أقسام ثانوية صغيرة ومتساوية في السعة فعلى سبيل المثال عرض المقطع ٢٤٠، فيكون طول المقطع الصغير ٢٠م فيكون عدد القطاعات الصغيرة (١٢) قطاع .

ويثبت في وسط الأقسام الثانوية أو القطاعات الصغيرة مواقع قياس العمق والسرعة شكل رقم (٧٣)



شكل رقم (٧٣)
تقسيم المجرى إلى قطاعات صغيرة وتحديد مواقع القياس عليها

٣ - قياس عمق المجرى عند وسط كل قطاع صغير والتي تسمى في بعض الأحيان القطاعات الرأسية والتي يستفاد منها في المجالات الآتية:

أ - الحصول على مساحة القطاعات الصغيرة أو الثانوية من حاصل ضرب طول القطاع × عمقه. والتي من مجموعها نحصل على مساحة قطاع النهر.

ب - اعتماد قياس السرعة على الأعماق إذ يتم قياسها على مستويين علوي وسفلي العلوي يمثل ٢٠٪ من العمق الكلي والعمق السفلي ٨٠٪ من العمق الكلي، فعلى سبيل المثال العمق ٣م يكون العمق الأول ٦٠سم ($\frac{٢٠ \times ٣٠٠}{١٠٠}$ = ٦٠ سم)

أما العمق السفلي فيكون ٢٤٠ سم ($\frac{٨٠ \times ٣٠٠}{١٠٠}$ = ٢٤٠ سم)

٤ - قياس سرعة الجريان : بعد تحديد عمق المياه في كل قطاع رأسي أو صغير وتحديد مستويات قياس سرعة الجريان العلوي والسفلي ومن خلال قياس السرعتان وتقسيمها على ٢ نحصل على متوسط السرعة في كل قطاع رأسي. ومن خلال ضرب مساحة القطاع الرأسي أو الصغير × متوسط السرعة نحصل على كمية التصريف في القطاع الصغير ومن مجموعها نحصل على التصريف في القطاع الكبير (وباختصار التصريف في القطاع يساوي طول المقطع × العمق × متوسط السرعة).

فعلى سبيل المثال طول المقطع ٢٠ م والعمق ٣ م ومتوسط السرعة ٢م/ثا، فكمية

التصريف = ٢٠ × ٣ × ٢ = ١٢٠ م^3/ثا.

ومن الجدير بالملاحظة إذا كان أحد القطاعات ضحل يجري قياس السرعة على عمق واحد فقط أما إذا كان ضحل جداً فيضاف القطاع إلى المجاور له.

كما أنه في بعض الأحيان ولغرض السرعة في القياس يتم اختيار عدة مواقع ضمن القطاع العرضي فتكون ستة بدلا من أثنا عشرة ويتم قياس أعماق تلك المواقع وسرعة الجريان فيها ويؤخذ متوسط الأعماق والسرعة وتضرب في طول القطاع العرضي فيحصل على كمية التصريف. وهذه الطريقة أقل دقة من السابقة.

الاجهزة المستخدمة في قياس سرعة الجريان:

تقاس سرعة الجريان بعدة أجهزة إلا أن الشائع منها Currentmeter وهو على نوعين البرايس والبروبلير (Price and Propeller) والأول أكثر شيوعا من الثاني، ويتكون من ستة بوتقات ذات شكل مخروطي مثبتة على عجلة تدور حول محور رأسي مثبتة على عمود في أسفله ثقل يصل وزنه إلى ١٠ كغم للمحافظة على الوضع الرأسي، ويوجد في الجهة الأخرى المقابلة للبوتقات مجموعة من الريش للمحافظة على الاتجاه والتوازن، شكل رقم (٧٤ – أ) ويستخدم كابل لانزال الجهاز في الماء ويفضل أن يكون مقسماً إلى أمتار لغرض الدقة في القياس وعلى العمق المطلوب، ويتصل بالبوتقات الدوارة أسلاك لنقل الحركة إلى جرس رنان والذي تزداد دقاته مع زيادة السرعة وبالعكس لذا يتمكن الراصد من تسجيل ذلك وخلال وقت محدد وهو الثواني، وفي ظل التطور الإلكتروني فإن الدقة في التسجيل أفضل من السابق إذ تنتقل الحركة إلى أجهزة إلكترونية فتظهر بشكل مباشر دون صعوبة ولا مشاكل.

أما النوع الثاني البروبلير فيختلف عن الأول في وجود مروحة تدور على المحور بدل البوتقات والباقي نفس النظام، شكل رقم (٧٤ – ب) [١٠]

٣ – تمثيل المناسيب والتصاريف هيدروغرافيا:

تستخدم الأشكال الهيدروغرافية لتوضيح المناسيب والتصاريف الشهرية والسنوية والتغيرات التي تشهدها من سنة لأخرى، إذ يمكن إجراء مقارنات بين التصاريف أو المناسيب لعدة سنوات بواسطة تلك الأشكال فتظهر الفروقات و اضحة زيادة أم نقصان. شكل رقم (٧٥).

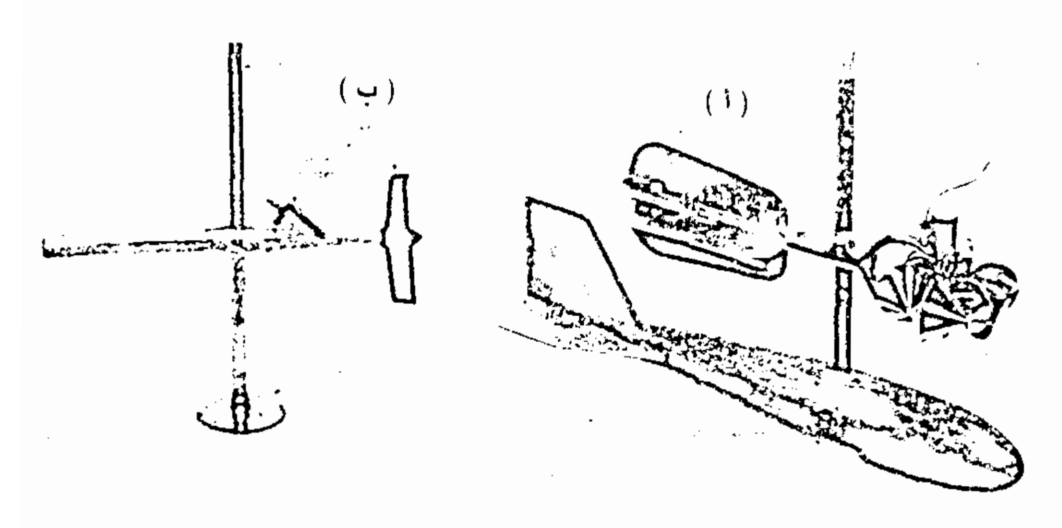
المناسيب م

51
50
49
48
47
46
45

89-88
69-68
87-86
88-87
90-89

ت١ ت٢ ك١ ك٢ شباط اذار نيسان مايس حزيران تموز آب ايلول

شكل رقم (٧٥) منحنى هيدروغرافي لمناسيب النهر لسنوات مختلفة



شكل رقم (٧٤) أجهزة تسجيل سرعة جريان الماء.

(العوامل المؤثرة على الجريان والتصريف المائي في احواض الانهار والاودية الجافة)

أ - عوامل مناخية :

١ - نوع التساقط اذا كان مطراً يكون التأثير مباشراً، اما الثلوج فيكون تأثيرها متأخراً عند الذوبان.

٢ - شدة التساقط، فمع زيادة شدة التساقط يزداد التصريف وبالعكس .

٣ - طول فترة التساقط، كلما استمرت فترة التساقط يزداد الجريان لتشبع التربة بالماء وقلة الضائعات المائية.

٤ - توزيع التساقط فوق الحوض من الامطار والثلوج، فمن النادر ان يكون التوزيع متساوياً فوق جميع اجزاء الحوض، فالتساقط بالقرب من المجرى الرئيسي افضل من البعيد عنه وذلك لوصولها الى المجرى دون ان تتعرض الى ضائعات تتحكم فيها عوامل اخرى.

٥ - اتجاه حركة العاصفة المطرية، فاذا كان باتجاه المنبع يكون وصول المياه الى المجرى الرئيسي بشكل متدرج، فيكون التصرف منتظماً، اما اذا كان العكس من جهة المنبع

الى المصب فان ذلك يؤدي الى وصول المياه الى المجرى خلال فترة زمنية محددة فيترتب على ذلك موجة فيضان عالية ومفاجئة فينتج عنها الكثير من المخاطر.

٦ - تأثير عناصر المناخ الأخرى كالحرارة والرطوبة والرياح.

ب - عوامل طوبوغرافية، وتتمثل في عدة جوانب هي :

١ - انحدار الارض، كلما زاد الانحدار كلما زاد التصريف وبالعكس.

٢ - شكل الحوض، يكون الشكل الدائري والمخروطي افضل من المستطيل لقلة المسافة التي تقطعها المياه الجارية في تلك الأحواض.

٣ - ارتفاع الارض، يزداد التصريف في المناطق المرتفعة ويقل في المناطق المنبسطة او المنخفضة.

٤ - نوع استعمالات الارض نباتية او عمرانية، تؤثر على التصريف.

٥ - نوع المكونات السطحية، فاذا كانت صماء تساعد على زيادة التصريف واذا كانت مسامية تعمل على زيادة تسرب المياه ويقل التصريف، وكذلك مدى رطوبة تلك التكوينات، فكلما كانت رطبة قلت الضائعات وبالعكس [١١].

٦ - طبيعة توزيع الأودية في الحوض، فكلما زادت اطوالها وتوزعت بشكل جيد ضمن مساحة الحوض كلما زاد التصريف.

مراجع الفصل الخامس

١ - د. أحمد مصطفى؛ الخرائط الكنتورية، مصدر سابق، ص ١٧١ .

٢ - د. محمد سامي عسل؛ الجغرافية الطبيعية، مصدر سابق، ص ٢٩٩ .

٣ - د. محمد يوسف وآخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق، ص ٢٢٤ .

٤ - عبد الإله رزوقي كربل؛ علم الأشكال الأرضية، مصدر سابق، ص ٢٦٠ .

٥ - د. محمد صفي الدين؛ جيومورفولوجية قشرة الأرض، مصدر سابق، ص ١٥٨ .

٦ - المصدر السابق، ص ١٨٢ .

٧ - خلف حسين علي الدليمي، وادي نهر الفرات بين هيت والرمادي، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه غير منشورة مقدمة إلى جامعة بغداد كلية الآداب، قسم الجغرافية، ١٩٩٦، ص ١١٤ .

٨ - Whiteseel, Bruce.L, and others; Change in Plan from the Red River, Mc Curtain coutry Oklahoma 1938 - 1948 Oklahoma, Geological survey vol. 48. N. 5, 1988. P. 199

٩ - د. محمود سعيد السلاوي، هيدرولوجية المياه السطحية، دار الجماهير للنشر والتوزيع، بنغازي، ليبيا، ١٩٨٩، ص، ٢١٢ - ٢١٣ .

١٠- Roy K. linsley, Jr. Max A. Kohler, Jaseph L. H. Paulhus, James S. Wallace; Hydrology for Engineers, *Mc Graw-Hill Book Company, London*, P.101-103.

١١- محمد سعيد السلاوي، هيدرولوجية المياه السطحية، مصدر سابق، ص ٢٩٧ .

الفصـل السادس

أهمية المعلومات الجيومورفولوجية في تخطيط المشاريع الهندسية

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿الذين جعل لكم الأرض مهداً وجعل لكم فيها سبلاً لعلكم تهتدون﴾

صدق الله العظيم

[الآية ١٥ سورة الزخرف]

أولاً : المعلومات المتعلقة بتخطيط المشاريع الهندسية

إن تخطيط المشاريع الهندسية من العمليات التي تتطلب خبرةً علمية وعملية وذلك لما يعترضها من مشاكل وما يترتب عليها من مخاطر، لذا يعتمد نجاحها على مدى كفاءة القائمين بتخطيطها وتنفيذها.

فتخطيط المشروع بتطلب تحديد موقعه ضمن الأقليم في أي جهة منه، ومن ثم اختيار الموضع الملائم في تلك الجهة من حيث الخصائص الطبيعية كالتضاريس والتربة والمناخ والنظام الهيدرولوجي وغير ذلك من العناصر المؤثرة وهذه عملية تكتنفها الكثير من الصعاب والمشاكل وذلك لكثرة المعايير التي تؤخذ بنظر الاعتبار طبيعية وبشرية واقتصادية.

ونظراً لعدم توكيل هذه المهمة لأناس مختصين في الدول النامية لذا تنتج عن إقامة تلك المشاريع مشاكل كثيرة ومتنوعة اقتصادية واجتماعية. وتكون معالجتها مكلفة.

فكثيراً ما توكل هذه المهمة إلى المهندس باعتباره الشخص المؤهل لتصميم المشروع و يأخذ على عاتقه الجوانب الأخرى التي لا علاقة لها باختصاصه و تحتاج إلى اختصاصيات أخرى جيولوجية و جيومورفولوجية و تربة وهيدرولوجية ومناخية وإقتصادية وإجتماعية، فهذا الكم الكبير والواسع من المعلومات المتنوعة لا يمكن لشخص أو شخصين توفيرها، لذا فأن الوقوع بالخطأ وارد،وعليه يجب التفريق بين التخطيط والتصميم فالتخطيط يعني إختيار الموضع الملائم للمشروع إعتماداً على إعتبارات عدة ، أما الهندسة مهمتها تصميم المشروع وفق المعطيات التي يقدمها المخطط.

وعليه تعد المعلومات الجيومورفولوجية من الجوانب الأساسية والضرورية التي يجب مراعاتها عند تخطيط المشاريع المختلفة ، إذ يعتمد تخطيط أي مشروع على طبيعة مظاهر السطح ومكوناتها السطحية وتحت السطحية والعمليات الجيومورفولوجية التي تتعرض لها تلك المظاهر واثر ذلك على العمران والطرق والمطارات ومشاريع الري.

وفيما يأتي المعلومات الجيومورفولوجية المتعلقة بتخطيط المشاريع الهندسية:

١ – طوبوغرافية الأرض ،تُعد نوعية التضاريس وطبيعة انحدارها من العناصر التي

تتحكم في مواقع المشاريع، إذ لا بد أن تكون تلك التضاريس ذات انحدار وتكوينات ملائمة لأقامة المشروع.

٢ - العمليات الجيومورفولجية السائدة في المنطقة أو المتوقعة الحدوث واثارها على المشروع حاضراً او مستقبلاً ، ومن تلك العمليات ما يأتي:

أ - عمليات التجوية بأنواعها الفيزيائية والكيميائية .

ب - عمليات التعرية والإرساب الجارية والمتوقعة الحدوث.

جـ - الإنزلاقات والإنهيارات الأرضية التي حدثت والمتوقعة.

د - الهبوط الموضعي بسبب الإذابة أو تفريغ المياه الجوفية أو أي سبب آخر.

هـ - الرطوبة والجفاف وأثرهما على العمليات الجيومورفولوجية المختلفة.

٣ - معلومات جيولوجية مختلفة عن البنية والتركيب للضمور وخصائصها الفيزيائية ودرجة ميل الطبقات وما تتضمنه من مفاصل وصدوع وشقوق واتجاهاتها وغير ذلك من المعلومات ذات العلاقة بالمشروع المقترح.

٤ - نوع التربة السائدة وخصائصها الفيزيائية والكيمائية ونطاق انتشارها وسمكها وانطقتها أو افاقها.

٥ - معلومات هيدرولوجية عن المياه السطحية والباطنية وذلك للتعرف على نظام الجريان السائد وطبيعة العمل النهري من تعرية وارساب. ومستوى المياه الجوفية وآثارها، والبرك والمستنقعات والقنوات المائية الداخلية، والتي تكون لها آثار كبيرة على المشاريع المقترح اقامتها.

٦ - معلومات حيوية عن النبات الطبيعي والحيوان والمحاصيل الزراعية التي تزرع في منطقة الدراسة ونظام الري المتبع في سقيها.

٧ - النشاط البشري في المنطقة كالعمران والمنشآت الصناعية ومشاريع الري والطرق والجسور وغير ذلك من المشاريع التي يمارسها الإنسان في ذلك المكان.

٨ - الموارد الطبيعية المتوفرة في رمل وحصى ومعادن وصخور وطين والتي يمكن الاستفادة في تنفيذ المشروع كمد الطرق واقامة أبنية وإنشاء مصنع.

٩ - الأشكال الأرضية الناتجة عن العمليات الجيوديناميكية والتي لا يستطيع الإنسان التأثير عليها كالحركات التكتونية للأرض والزلازل والبراكين والانهيارات الأرضية والتي تسمى بالأخطار الجيولوجية(١).

والتي على ضوءها يمكن تحديد المواضع الآمنة والخطرة إذا ما توفرت دلائل على حدوث البراكين في الماضي.

١٠- المناخ السائد في المنطقة وأثاره على مظاهر السطح من خلال ما يترتب على تنوع عناصرها من تعرية وتجويه وانهيارات، لذا يجب معرفة ما يأتي:

أ - متوسطات درجات الحرارة الشهرية والسنوية.

ب - عدد ساعات الاشعاع الشمس في كل شهر.

جـ - معدلات سقوط الأمطار الشهرية.

د - عدد أيام حدوث الضباب.

هـ - عدد أيام حدوث الصقيع.

و - عدد أيام سقوط الثلج.

ر - أعلى درجات الحرارة تشهدها المنطقة.

ز - الرطوبة النسبية خلال السنة.

حـ - اتجاه الرياح وقوتها.

ك - شدة الجفاف(٢).

ثانياً: المشاكل التي تواجه تخطيط المشاريع.

(١) مشاكل السطح والتضاريس:

يعد شكل السطح وما يتضمنه من تضاريس من ا لعوامل المؤثرة في تحديد الاستعمال المناسب لكل منطقة، وتمثل التضاريس الصورة التي يتميز بها كل اقليم عن غيره، فالمناطق الجبلية تكون وعرة شديدة التضرس في حين تكون الهضاب أقل وعورة وتضرساً وتكون السهول أكثر انبساطاً، ولذلك يمثل شكل السطح وصفة التضرس بعداً له دور فاعل في إبراز الخصائص الرئيسية لأي منطقة والتي على الإنسان أن يكيف نفسه مع الواقع الطبوغرافي لذلك المكان من حيث السكن والعيش(٣).

إن اقامة أي مشروع في أي منطقة سيجابه مشاكل حسب طبيعة التضاريس السائدة في تلك المنطقة، فعمليات الزحف والانهيار والانزلاق من المشاكل التي تتعرض لها بعض سفوح المناطق الجبلية وسفوح الأودية ومنحدرات الهضاب، أما الهبوط فهو من المشاكل التي تتعرض لها بعض المناطق السهلية، وهذا ما سيتم تناوله في الفقرات اللاحقة.

(٢) مشاكل التربة:

التربة من وجهة نظر بيئية نظاماً مفتوحاً تكونت بفعل عدة عوامل، وذات خصائص فيزيائية وكيمائية متنوعة، والتي تنعكس آثارها على الأنشطة التي تمارس في تلك التربة.

أما في مجال تخطيط المشاريع الهندسية فيتم تقسيم التربة إلى أقسام بما ينسجم ومتطلبات تلك المشاريع وكما يأتي:

أ - تربة طينية غرينية ضعيفة المقاومة أو هشة : وهي ذات رواسب هشة حديثة التكوين غير متماسكة، وينتشر هذا النوع في الأودية النهرية والدلتاوات، وتكون قدرتها على التحمل ضعيفة أو منخفضة لذلك يكون تنفيذ المشاريع فيها مكلف.

ب - طين متماسك صلب: وهي رواسب قديمة تعرضت إلى ضغط رواسب حديثة فوقها ساعدت على زيادة تماسكها وصلابتها وقلة مساميتها، وعندما تعرضت الطبقات العليا إلى التعرية فتظهر الطبقات التي تحتها على سطح الأرض، ومن مشاكل هذا النوع من التكوينات احتواءها على شقوق صغيرة وكبيرة وهذا يؤثر على خصائصها الفيزيائية فتكون ذات أسطح ضعيفة تسهل عمليات الانزلاق.

جـ - تربة رملية وحصوية ضعيفة التماسك: وهي ذات نفاذية عالية قليلة التماسك لذا تسبب مشاكل للأعمال الهندسية خاصة إذا كانت تحتوي على مياه جوفية ذات مناسيب مرتفعة حيث تتعرض للانهيارات وتسرب كميات كبيرة من المياه أثناء الحفر. لذا فأن استغلال مثل تلك التربة يحتاج إلى معالجات مكلفة.

د - التربة العضوية: تعد تلك التربة من الترب الضعيفة التماسك وضعيفة الصلابة وان استغلالها يكون مكلفاً ويحتاج إلى معالجة، وتكون مخاطرها كبيرة إذا كانت تحت السطحية حيث أنها تتعرض إلى الانتفاخ عند الترطيب والانكماش عند الجفاف وهذا يعرض الأبنية والشوارع إلى التصدع والانهيار(٤).

إن إقامة المشاريع العمرانية أو مد الطرق في أي مكان يعتمد على قابلية التربة والتي تتأثر بعدة عوامل منها:

١ - الاجهاد الناتج عن ثقل المنشآت الكبيرة أو سير المركبات الثقيلة أو هبوط أو اقلاع الطائرات الكبيرة فيؤدي ذلك إلى تصلب التربة التي تقع تحتها، أما في حالة إزالة التربة المجاورة لهذه المشاريع سيؤدي إلى انسياب التربة من تحتها نحو المناطق المحفورة، فيترتب على ذلك هبوط المبنى أو الطريق أو ممر المطار فيتعرض إلى التشقق في الجدران وظهور مطبات في الطرق.

٢ - وجود مياه في التربة فتقلل من تماسكها وتضعف من صلابتها.

٣ - تأثير عناصر المناخ على التربة وخاصة الحرارة من حيث ارتفاعها وانخفاضها فينعكس ذلك على المعادن التي تتكون منها التربة إذ تعمل على تمددها وتقلصها حسب معامل تمدد كل معدن والتي تسهم في تفكك التربة(٥).

الأساليب المتبعة في تحسين خصائص التربة

١ - تخفيض مناسيب المياه الجوفية في المناطق التي تقع فوقها منشآت وطرق مطارات، وذلك من خلال عمل مشاريع خاصة بذلك.

٢ - إضافة التربة الجيرية إلى التربة الطينية خاصة التي تحتوي على نسبة كبيرة من المعادن الطينية التي تمتص كميات كبيرة من المياه مثل معدن المنتمورولنايث فتؤدي إلى انتفاخها وتمددها إلى الأعلى فتؤثر على ما فوقها من مشاريع عمرانية وطرق.

٣ - اضافه الجير المطفأ والرماد الخفيف الذي يحتوي على السليكا إذ تتحد هذه المواد بالمعادن الطينية مكونة سيليكات الكالسيوم.

٤ - حقن التربة بالمواد الاسمنتية خاصة ذات المسامية العالية والصخور ذات الفواصل والشقوق.

٥ - استخدام مواد في تحسين خواص التربة مثل القار(٦).

(٣) مشاكل جيولوجية:

إن صلابة الطبقات الصخرية وضعفها يعتمد على بنيتها وتركيبها الجيولوجي والتي يتوقف عليها مدى ملائمة المنطقة لاقامة المشروع المقترح. كما تؤثر الظروف البيئية

والعمليات الجيومورفولوجية المختلفة على خصائص الصخور الفيزيائية والكيميائية وهذا ما تم التطرق إليه في الفصل الثاني.

(٤) مشاكل المياه الجوفية:

يؤدي وجود المياه الجوفية في التربة والصخور القريبة من مستوى الأسس والطرق إلى مشاكل لما تسببه من تغير في الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتلك التكوينات والتي تنعكس آثارها على تماسك وصلابة التربة والصخور، كما تعمل تلك المياه على تنشيط عمليات تآكل الأنابيب والقابلوات ومراسي السفن والأعمدة والأسيجة المدفونة في التربة، خاصة المناطق التي ترتفع فيها نسبة الأملاح.

(٥) مشاكل فيضانات الأنهار:

تتعرض معظم المناطق الواقعة على ضفتي المجرى وخاصة التي تقع ضمن مناطق السهول الفيضية إلى مخاطر الفيضانات خاصة وأن مثل تلك المناطق تمثل مركزاً للنشاط البشري بأنواعه المختلفة، لذا تكون آثارها مدمرة، وقد يكون التأثير مباشراً أي تغمر مياه الفيضان تلك المناطق أو بصورة غير مباشرة عن طريق ارتفاع مناسيب المياه الجوفية والتي تؤثر أيضاً على المنشآت والمشاريع الواقعة على جانبي المجرى. أو قد تتعرض إلى عمليات التعرية التي تتركز في بعض الضفاف فتهدد المنشآت القريبة من تلك الضفاف.

(٦) مشاكل التعرية والإرساب:

تتعرض اليابسة إلى عمليات التعرية بأشكالها المختلفة والتي مر ذكرها في الفصل الرابع والتي تكون آثارها واضحة على المشاريع والمنشآت المختلفة كما يكون للترسبات الناتجة عن عمليات التعرية وخاصة الرملية التي تنقلها الرياح في المناطق الصحراوية آثاراً كبيرة على الطرق والمنشآت المقامة في المناطق الصحراوية.

ثالثاً : المشاريع الهندسية التي يعتمد تخطيطها على المعلومات الجيومورفولوجية

١ – تخطيط المراكز العمرانية:

إن تخطيط المراكز العمرانية يعتمد على تحديد معالم الموضع المختلفة والتي تؤثر على

تخطيطها من خلال ما تتضمنه من تضاريس وطبيعة التكوينات السطحية وتحت السطحية والانشطة القائمة والعمليات الجيومورفولوجية وانحدار السطح، إذ يتم وضع المخططات الأساسية لاستعمالات الأرض اعتماداً على تلك المعطيات. ويعني الموضع (Site) المساحة التي تحتلها المدينة فعلاً والذي يحدد على أساس العناصر التي مر ذكرها.

أما الموقع (Location) فيعني موقع المدينة بالنسبة للمناطق المحيطة بالموضع والتي تقع خارج حدودها المعورة. أي موقع المدينة بالنسبة للظواهر الطبيعية والبشرية التي تقع حولها.

وتخطيط المراكز العمرانية يتأثر بعدة عناصر هي:

١ - التضاريس Relief

تعد الحقائق التضاريسية أو الطبوغرافية ذات أهمية كبيرة في إبراز التلائم والتناسق في شكل البناء وإمكانية التوسع الأفقي بالاتجاهات الملائمة لانتشار العمران.

أما في حالة عدم توافق شكل المدينة ونموها وطبيعة استعمالاتها مع ما يمليه الواقع الطبيعي في المكان الذي تقام عليه تكون المدينة غريبة عليه وسوف يترتب على ذلك الكثير من المشاكل(٧).

وقد تنوعت مواقع المدن بتنوع التضاريس ولذلك تتباين تلك المدن في مشاكلها من مكان لأخر حسب نوع التضاريس التي تقع عندها المدن.

أما فيما يخص طبيعة انحدار الأرض فأفضل المناطق ملائمة هي المناطق التي يتراوح انحدارها ما بين ٠،٠°– ١٠°، في حين تعد السفوح التي يصل انحدارها إلى ٣٠° هي أفضل المناطق الجلبية ملائمة لأقامة العمران، ومن جدير بالذكر أن المناطق المنبسطة التي لا يوجد انحدار في سطحها فأن ذلك سيؤثر على تصريف مياه الأمطار والصرف الصحي ويحتاج إلى انشاء محطات للضخ فيترتب على ذلك تكاليف اقتصادية.

أما البناء فوق المنحدرات الشديدة فأن ذلك يزيد من تكاليف البناء حتى ولو كان على شكل مدرجات، وربما يمكن اقامة الأبنية إلا أنه من الصعب توفير الخدمات مثل طرق المواصلات ومد شبكات الماء والكهرباء. خاصة إذا كانت تلك السفوح ذات تكوينات صخرية صلبة. فيصعب إجراء عمليات التسوية فيها رغم أنها مستقرة ولا تتعرض إلى

الانهيارات والانزلاقات، وقد تم استغلال تلك السفوح في العاصمة الأردنية عمان رغم عدم توفر المواصلات.

وعلى العكس من ذلك السفوح الهشة التي تكون عمليات التسوية فيها سهلة إلا أن مثل تلك السفوح تتعرض إلى مشاكل الانهيار والانزلاق والزحف وخاصة في المناطق الرطبة. والتي تنعكس آثارها على الأبنية المقامة على تلك السفوح وأسفلها.

ومن المشاكل الأخرى للتضرس هو تشتت المراكز العمرانية ونموها في اتجاهات مختلفة وبشكل يفقد المدينة خصوصية التجانس الحضري.

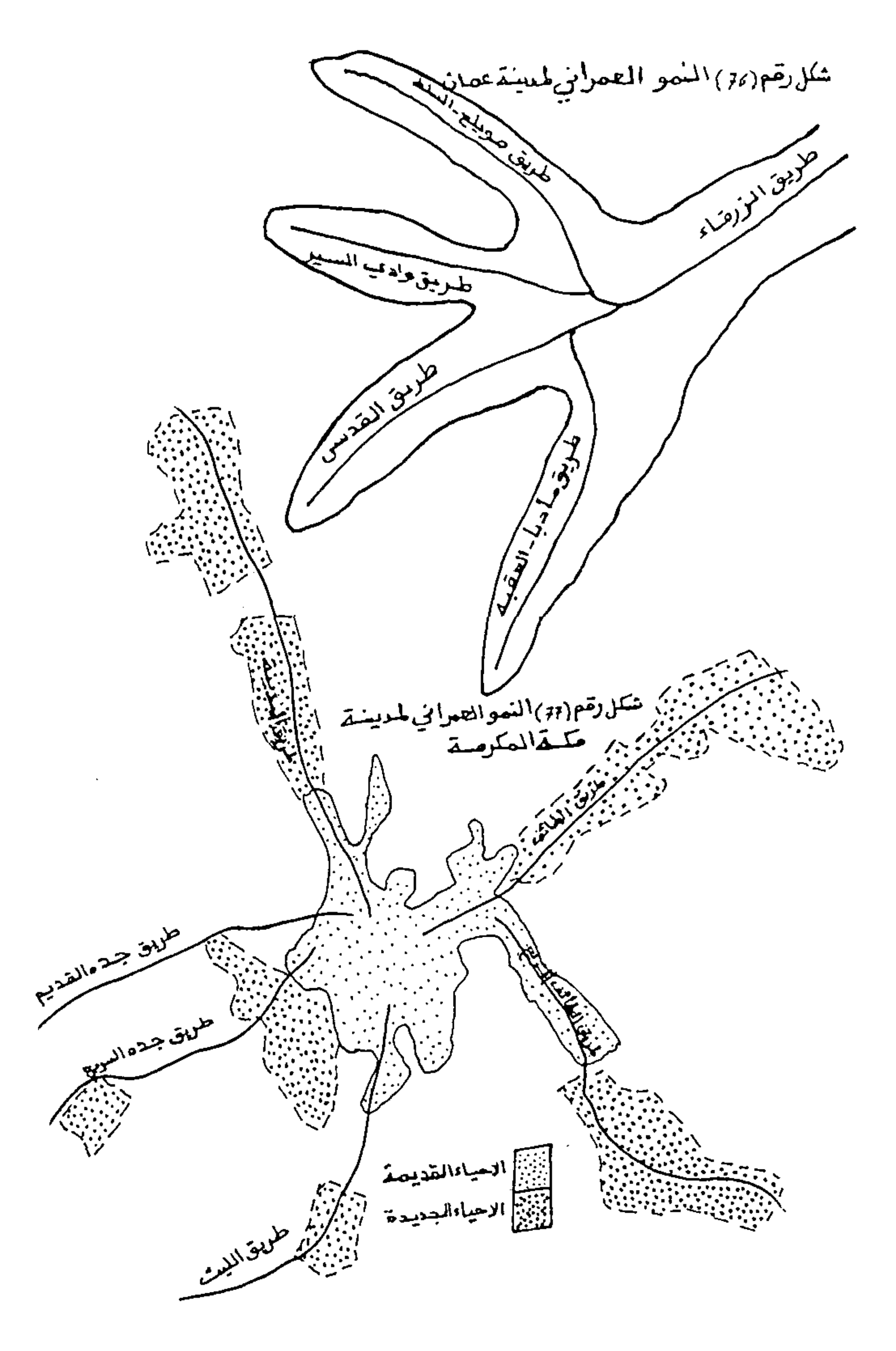
حيث تظهر المراكز العمرانية فوق المناطق الملائمة قافزة المناطق الوعرة غير الملائمة من وديان وجبال ومستنقعات، وقد تنعكس آثار ذلك على توفير الخدمات المختلفة من نقل وصحة وتعليم وماء وكهرباء وأمن وهاتف ومجاري. إذ ترتفع تكاليف توفر تلك الخدمات مع قلة عدد السكان المستفيدين منها. وتعاني من تلك المشاكل الدول ذات الدخل الاقتصادي المحدود.

وتعد مدينة عمان من المدن التي نمت في اتجاهات عدة وبشكل غير متجانس لوعورة المنطقة لذلك تظهر بشكل يشبه أصابع اليد شكل رقم (٧٦).[٩]

وكذلك الحال مدينة مكة المكرمة التي نشأت في وادي إبراهيم عليه السلام حيث تحيط بها المرتفعات من عدة جهات، وبعد نمو أو امتداد العمران على جميع المناطق الممكن استغلالها وحتى سفوح الجبال والتي يصل انحدار بعضها ٤٥°، بدأ العمران ينتقل إلى المناطق الواقعة وراء الجبال وعلى امتداد الطرق الرئيسية الخارجية من مركز المدينة إلى المناطق المجاورة فأصبح شكل المدينة مشتتاً. شكل رقم (٧٧) [١٠].

وقد كان للتضاريس الإسهام الفاعل في ظهور أنماط مختلفة من النمو العمراني كالنووي والشعاعي والشريطي والمتناثر والدائري.

٢ - التكوينات السطحية وتحت السطحية (التربة والصخور) تعد التكوينات السطحية وتحت السطحية ذات أهمية كبيرة في مجال العمران لما لها من آثار في تحديد نوع الأسس وعدد الطوابق التي يمكن إقامتها في أي مكان. فالتكوينات السطحية قد تكون طبقة صخرية صماء تمتد إلى الأعماق أو طبقة صخرية ترتكز على طبقة طينية ضعيفة، أو قد



شكل رقم (٦٥) النمو العمراني لمدينة عمان
طريق صويلح - السلط
طريق الزرقاء
طريق وادي السير
طريق القدس
طريق مادبا - العقبة
شكل رقم (٦٦) النمو العمراني لمدينة مكة المكرمة
طريق جده القديم
طريق جده السريع
طريق الليث
الاحياء القديمة
الاحياء الجديدة

تكون الطبقة السطحية عبارة عن ترسبات منقولة أو مشتقة، أي عبارة عن طبقة من التربة ترتكز على طبقة صخرية. أو قد تكون تربة عضوية ناتجة عن عمليات طمر النفايات إذ تختلف تلك التكوينات في خصائصها عن بعضها البعض والتي تنعكس آثارها على تماسكها وقدرة تحملها. فالتربة المفككة كالرملية واللوس أضعف تلك التكوينات وكذلك التربة المتجمدة التي تتعرض إلى الذوبان، وأخيراً مناطق طمر النفايات والتي تعد ضعيفة التماسك وذات مخاطر كبيرة لعدم ثباتها وهي في هبوط مستمر وبشكل بطيء خاصة في المناطق الرطبة، وقد تتعرض إلى حدوث تفاعلات في تكويناتها الباطنية فينتج عن ذلك تكون غازات وربما تكون بكميات تؤدي إلى حدوث إنفجار في تلك المواقع التي تتجمع فيها الغازات على نطاق واسع وتجد مناطق ضعف في التكوينات السطحية تسمح لها بالتسرب فتسبب مشاكل في مثل تلك المناطق. وعلى أية حال فإن إنشاء الأبنية الثقيلة فوق تلك المناطق يسهم في زيادة هبوطها ومن ثم تعرض البناء إلى التصدع والتشقق أو الإنهيار.

أما التكوينات تحت السطحية فإنها لا تقل أهمية عن السطحية إذ هنالك تضامن بين الإثنين من حيث التأثير على العمران، فإذا كانت تلك التكوينات صلبة ساعدت على إقامة أبنية متعددة الطوابق، في حين يؤدي ضعف تلك الطبقات إلى إجراء بعض التحسينات عليها مما يزيد من كلفة إستخدامها كما تتعرض بعض المناطق إلى الهبوط والإنخساف ومنها ما يأتي:

أ - المناطق السهلية المنبسطة التي تتضمن تكوينات تحت السطحية هشة ينتج عنها هبوط إلى الأسفل دون حدوث زحزحة جانبية في المواد الهابطة.

ب - المناطق الجليدية التي ترتكز فيها رواسب الطفل الجليدي فوق طبقات الجليد نفسها، فعند ذوبانه تهبط الترسبات التي فوقه. كما تتعرض إلى تلك الظاهرة التربة المتجمدة عند ذوبان الجليد الموجود في مساماتها فيقل تماسك حبيباتها لوجود فراغات بينها، مما يؤدي إلى تحرك تلك الحبيبات جانباً نحو الأسفل لملء تلك الفراغات فتهبط نحو الأسفل.

جـ - مواقع التنجيم الخاصة بالبحث عن المعادن والفحم والتي يترتب عليها إزالة التكوينات تحت السطحية والتي يترتب عليها إزالة التكوينات تحت السطحية والتي عندما تكون ذات تكوينات سطحية ضعيفة وذات سمك قليل فتتعرض إلى الهبوط .

د - مناطق الصخور الجيرية (الكارست) وخاصة في المناطق الرطبة إذ تؤدي عمليات التجوية والإذابة الناتجة عن المياه الجوفية إلى تكون حفر وكهوف في باطن الأرض خاصة وأن تلك الصخور لها القابلية على الذوبان بالماء مما يساعد ذلك على استمرار عمليات التجوية والإذابة حتى تصبح الطبقة السطحية رقيقة وضعيفة التماسك فتنخسف أو تهبط إلى الأسفل.

هـ - تعرض المناطق الضعيفة التماسك والصلابة إلى ضغط يفوق طاقة تحملها مثل مرور مركبات حمل ثقيلة أو اقامة بناء ضخم.

و - المناطق التي يتم سحب السوائل من تحتها كالمياه والنفط فتتكون فراغات كبيرة تحت السطح وعندما تكون التكوينات السطحية قليلة السمك والتماسك وتمتد لمساحة كبيرة فأي تأثير خارجي سيؤدي إلى هبوطها.

ومن الجوانب المؤثرة في المكونات الصخرية ما تتضمنه من فواصل وكسور والتي مر ذكرها. وعلى أية حال عند اختيار أي موضع لغرض اقامة العمران عليه يجب مراعاة ما يأتي:

أ - مقدار تحمل التربة والصخور والتي على ضوئها يتحدد نوع الأسس الملائمة إذ تكون المناطق الصخرية الصلبة عالية التحمل يمكن البناء فوقها مباشرة.

في حين تكون التربة أقل صلابة قابلة للانضغاط مثل التربة الرسوبية أو المتبقية والتي لا يمكن البناء فوقها بشكل مباشر إلا بعد إجراء تحسينات على خواصها، وعليه فالتكوينات السطحية تتباين في درجة تحملها حسب طبيعة تكوينها وكما يأتي:

نوع التكوينات	التحمل كغم /سم^2
١ - طبقات صخرية صلبة	٢٠ - ٤٠
٢ - طبقات صخرية متوسطة الصلابة	١٠ - ١٢
٣ - تكوينات صخرية هشة	٨ - ١٠
٤ - تربة حصوية أو حصوية ورملية	٦ - ٨
٥ - تربة رملية خشنة متراصة	٢.٥ - ٤
٦ - تربة طينية جافة وصلبة	٢ - ٣

٧ – تربة رملية ناعمة	١.٥ – ٢
٨ – تربة رملية ناعمة	١ – ٢
٩ – تربة طينية هشة	٠.٥ – ٠.٧٥
١٠– تربة طمر أو دفن	٠.٢٥ – ٠.٥

وقد لا يتوقف تأثير التربة على الأسس التي تقع فوقها بل يشمل جوانب الأسس التي يتم دفنها بالتربة في حالة ارتفاع مستواها عن مستوى الأرض، إذ يجب عدم دفنها بتربة تحتوي مواد عضوية وانقاض لأنها ذات خصائص رديئة تنعكس آثارها على الأسس، وعليه يفضل إزالة الطبقات السطحية واستخدام التي تحتها[١٢].

ب – التركيب الكيميائي للتربة والصخور:

تحتوي التكوينات السطحية من التربة والصخور على معادن مختلفة ذات خصائص متباينة، منها لها القابلية على الانتفاخ والانكماش والاذابة والتي تنعكس آثارها على الأبنية المقامة فوقها فربما تؤدي إلى تصدع الجدران والأضرار بالأبواب والشبابيك فيصعب غلقها وفتحها.

كما تتضمن معادن ذات معامل تمدد حراري كبير والتي تسهم في تفكك الكتل التي توجد فيها وخاصة في المناطق ذات التطرف الحراري الكبير، وهذا ما يلاحظ في الكتل الكونكريتية التي تستخدم في البناء (البلوك) والذي سرعان ما يتعرض إلى التصدع لقابليته الكبيرة على التمدد والتقلص.

وكذلك تتضمن بعض الترب معادن لها القابلية على التفاعل مع معادن أخرى مثل أكاسيد الحديد وبعض أملاح الصوديوم والكالسيوم وهذا يؤدي إلى تآكل أنابيب شبكات المياه المدفونة في الأرض فينتج عنها تسرب كميات كبيرة من المياه والتي تصل آثارها على أسس وأرضية الأبنية القريبة منها فتعمل على إذابة التكوينات التي تحت الأسس فتضعف من صلابتها وقوة تحملها مما يترتب على ذلك هبوط هذا الجزء من البناء. وعليه يفضل عدم دفن الأنابيب في مثل تلك التكوينات وتغلف بمادة عازلة لمنع تأثير عناصر المناخ عليها.

جـ – نفاذية المكونات السطحية:

تتباين نفاذية المكونات السطحية من مكان لآخر، فبعضها ذات تكوينات كتيمة ولا

تسمح بتسرب المياه المتجمعة فوقها إلى داخل التربة وخاصة ذات التكوينات الطينية الثقيلة والتي تنعكس مخاطرها على الأبنية المقامة فوقها أو بالقرب منها إذا لم تتوفر مجاري لنقل تلك المياه بعيدة عن الأبنيةحيث تتسرب تلك المياه نحو الأسس والجدران فتترك آثار كبيرة عليها ويزداد التأثير بزيادة الفراغات التي تتضمنها الأسس، كما تؤثر على مماشي وأرضيات الأبنية فيتشوه منظرها، وكذلك تسهم في تجمع الأملاح فوق الأرض التي تجمعت فوقها بعد أن تتبخر تلك المياه والتي قد تسهم في التفاعل مع بعض المعادن التي تتكون منها مواد البناء فتقل صلابتها.

ويتضح مما تقدم أن نوع أسس البناء تعتمد على طبيعة التكوينات السطحية وتحت السطحية اذ هنالك نوعين من الأسس هي :

١ - اسس قريبة من سطح الأرض وتكون عريضة بالنسبة للبناء المشيد عليها قابليتها على تحمل ثقل الأعمدة والجدران، ويسود هذا النوع في المناطق ذات التكوينات غير القابلة للانضغاط. والتي يتم البناء فوقها بدون إجراء تحسينات على خواصها ، أما المنشآت الثقيلة التي لا تتحملها تلك التربة، تستخدم الأسس الحصيرية التي تغطي جميع المساحة المخصصة للبناء، حيث تكون تلك الأسس عبارة عن كتلة كونكريتية صلبة وغير قابلة للهبوط.

٢ - أسس عميقة ويستخدم هذا النوع في المنشآت الضخمة التي تقام فوق تربة أو صخور هشة أو ضعيفة، إذ يتم استخدام اسلوب الركائز الكونكريتية التي ترتكز على الطبقات الصخرية الصلبة التي تقع تحت السطحية. وعند اختيار نوع ومواقع الأسس يجب أن يؤخذ بنظر الاعتبار التأثيرات المستقبلية سواء من حيث البيئة التي تقام فيها أو مدى استقرارها العمودي بعد اقامة البناء عليها[١٣].

٣ - المياه الجوفية والرطوبة:

إن وجود المياه الجوفية في التربة والصخور على مناسيب قريبة من الأسس له آثار سيئة على المنشآت المقامة في تلك الأماكن، إذ تعمل تلك المياه على تغيير خصائص التربة وتقلل من قدرتها على التحمل، كما تؤثر على المنشآت جمالياً وصحياً وإنشائياً، حيث تؤدي إلى حدوث ظاهرة التزهر وتنشيط تفاعل الأملاح وخاصة الكبريتية منها مع مركبات الاسمنت فتعمل على إضعاف الخرسانة.

وكذلك يؤدي انجماد المياه في داخل الكتل الكونكريتية إلى تفككها فضلاً عن صدأ وتآكل بعض المعادن فتشوه مناظر الجدران وتتحول مكوناتها إلى مادة غير متماسكة وذات لون غير طبيعي.

وقد تنتقل الرطوبة إلى الأبنية من خلال عدة منافذ هي:

أ - انتقال الرطوبة بواسطة الخاصية الشعرية من التربة الى الأسس والجدران والأرضيات والماشي إذ تزداد نسبة تلك المياه إذا كانت مناسيبها قريبة من المنبى، وتقل بابتعادها عنها.

ب - وجود خلل في السقوف والجدران يسمح بتسرب المياه إلى الجدران ويكون تأثيرها من الأعلى.

جـ - وجود كسر أو ثقب في الانابيب المارة عبر الجدران او بالقرب منها والتي تسمح بتسرب المياه نحو الأسس والجدران.

د - وجود تشققات وكسور وحفر وثقوب قي الجدران والأسس القريبة من سطح الأرض والتي من خلالها تتسرب مياه الأمطار المتجمعة بالقرب منها إليها.

هـ - إحتواء بعض مواد البناء على الرطوبة عند إستخدامها فتعمل على ترطيب بقية المواد الأخرى.

و - تعرض الأجزاء الخارجية من المباني إلى الرطوبة الناتجة عن الأمطار وبخار الماء في الهواء وخاصة المناطق ذات المواقع البحرية[١٤].

ر - إرتفاع مناسيب مياه الأنهار في مواسم الفيضانات فيترتب عليها إرتفاع مناسيب المياه الجوفية وخاصة في المناطق التي يكون مستواها أقل من مناسيب المياه.

٤ - نوع مواد البناء :

يستخدم في البناء مواد متنوعة ذات خصائص مختلفة وهذا ينعكس على طبيعة سلوكها عند إستخدامها في البناء وانتقالها إلى بيئة جديدة ذات ظروف متميزة عن الوضع السابق وهذا ما تنعكس آثاره على طبيعة البناء، ومن تلك المواد ما يأتي:

أ - الصخور :

تستخدم على نطاق واسع في البناء حسب النوع المتوفر في كل مكان وعلى العموم من

الأنواع الشائعة الاستعمال هي:

١ - الحجر الطيني Clay stone وهو على نوعين ضعيف التماسك وشديد الصلابة والأخير هو الذي يستخدم في البناء رغم أن الحجر الطيني بأنواعه ذا خصائص غير جيدة لأنه سريع الاستجابة لعمليات التعرية والتجوية لذا يستعمل عند الضرورة فقط.

٢ - الصخور الكلسية Lime stone ومن خصائص هذا النوع القابلية على الذوبان بالماء في المناطق الرطبة ولكن ذلك يعتمد على طبيعة تركيبها الكيميائي إذ يكون تأثير الماء عليها بدرجات متفاوتة منها كبير ومنها قليل، وبالتالي يفضل بعضها على بعض في الاستخدام ومن أنواعها هي:

أ - الحجر الجيري الحبيبي ، وهو متجانس التركيب والتكوين ومعتدل الصلابة.

ب - الحجر الجيري الدولومايتي وهو أكثر صلابة من النوع السابق.

جـ - الحجر الجيري المتبلور وهو أكثر صلابة من النوعين السابقين وأكثر استخداماً ويكون على ألوان لإحتواءه على أكاسيد والتي تقلل من صلابتها.

٣ - الحجر الرملي Sand stone ويكون على أنواع وتعتمد صلابته على نوع المادة اللاحقة لحبيباته.

٤ - صخور السربنتين النارية Serpentine Rocks وتكون ذات ألوان مختلفة لاحتواءها على أكاسيد تقلل من صلابتها.

٥ - صخور الجرانيت Granite Rocks ، وهي أكثر الصخور صلابة ويستخدم على نطاق واسع في المناطق التي يتوفر فيها[١٥].

ب - الطابوق، ويستخدم في المناطق التي تتوفر فيها تربة طينية ولا تتوفر فيها صخور إذ يتم تحويل تلك التربة إلى طين متوسط الصلابة بحيث يحول إلى كتل مستطيلة طولها ما بين ٢٥ - ٣٠ سم وعرضها ما بين ١٢ - ١٥ سم وارتفاعها حوالي ١٥ سم، وتوضع تلك الكتل بعد تجفيفها تحت الشمس في أفران خاصة فتتحول إلى كتلة صلبة ذات خصائص جيدة ولذلك تفضل على الصخور في المناطق التي تتوفر فيها رغم أنها أقل متانة من الصخور. وينتشر هذا النوع في العراق وخاصة في الوسط والجنوب منه لتوفر التربة الملائمة وقلة توفر الصخور.

جـ - الكتل الكونكريتية، وهي من أكثر الأنواع استعمالاً في الوطن العربي وتكون بأحجام مختلفة وتصنع من الاسمنت والحصى والرمل وبعضها يكون على شكل كتلة والبعض يكون مجوفاً، ومن مساوىء هذا النوع التأثر بالحرارة عند ارتفاعها وانخفاضها ولذلك تتعرض إلى التصدع. ورغم ذلك تكون هي البديل للصخور والطابوق في المناطق التي لا تتوفر فيها تلك المواد. كما أن من خصائصه السيئة أنه ينقل خصائص البيئة الخارجية إلى داخل البناء لذلك تكون حارة صيفاً وباردة شتاءاً، رغم أن ذلك لا يظهر بشكل واضح في المناطق المعتدلة المناخ ، فقط في المناطق ذات المناخ المتطرف.

د - الاسمنت: هو على نوعين مقاوم للرطوبة ويستخدم في بناء الأسس والسقوف، ونوع عادي ويستخدم في بناء الجدران فوق الأسس حتى السقف، وهذا النوع الأخير يتأثر بالرطوبة ويتحول إلى مادة هشة وضعيفة ولذلك لا يستخدم في بناء الممرات والماشي المحيطة في المباني.

هـ - الجص، ويستخدم في بناء الأجزاء الواقعة فوق الأسس والتي لا تصلها الرطوبة وذلك لتأثره الشديد بها فيتحول إلى مادة ضعيفة التماسك وهو مادة تصنع من صخور الجبسم.

و - الحصى والرمل، يعد الرمل والحصى من المواد المكملة لاستخدام الاسمنت إذ لا يمكن استخدامه في البناء إلا بعد خلطه بالرمل لزيادة متانته، أما عند عمل السقوف والأرضيات لا بد أن يخلط الحصى والرمل والاسمنت ليكون كتلة كونكريتية متماسكة شديدة الصلابة، لذا لا يمكن الاستغناء عن مثل تلك المواد والتي يجب أن تكون وفق مواصفات معينة فالرمل أو الحصى يجب أن يكون خالياً من الأملاح وبعض المعادن الطينية التي يؤدي وجودها إلى اضعاف تماسك الخرسانة ويقلل من متانتها.

ومن الجدير بالذكر كان يستخدم في الماضي مادة النورة في البناء وهي مادة تشبه الجص ناتجة عن حرق الصخور الجيرية وقد استخدامها العراقيون في عمل مصاطب للنواعير على نهر الفرات غرب العراق وعمل طواحين تعتمد على قوة التيار وتغليف ضفاف النهر بالصخور والنورة فأثبتت مقاومة كبيرة للرطوبة إذ أنها لا تزال قائمة في النهر منذ

مئات السنين ولم تتآكل، وأنها أقل كلفة وأحسن جودة وأكثر ملائمة للبيئة في المنطقة العربية، كما أن الصخور التي تصنع منها منتشرة في معظم أنحاء الوطن العربي، لذا يفضل العودة إلى ما هو أحسن.

٥ - مجاري الأنهار:

اتخذت العديد من المدن مواقعها عند ضفاف الأنهار أو بالقرب منها لكونها مصدراً دائماً للمياه وللتمتع بجمال الطبيعة في مثل تلك المواقع، ولذلك فضل الإنسان الاقامة في تلك الأماكن رغم المخاطر التي تتعرض لها وخاصة المنخفضة بسبب الفيضانات المتكررة، فعلى الرغم من الاجراءات المتنوعة التي تتخذها الدول في سبيل السيطرة على فيضانات الأنهار إلا أن ما يحدث حتى يومنا هذا هو تعرض العديد من المدن في جميع أنحاء العالم وفي الدول المتقدمة إلى فيضانات مدمرة ينتج عنها خسائر مادية وبشرية كبيرة، حيث يتحكم بها الله سبحانه وتعالى وأن قدرة الإنسان على التحكم بها محدودة وذلك لأنها تخضع لعوامل طبيعية لا يستطيع الإنسان السيطرة عليها.

وقد لا يقتصر تأثير الأنهار على الفيضان بل ما يترتب عليها من عمليات تعرية وإرساب وما ينتج عنها من مظاهر أو تغير في مجرى النهر والتي تنعكس آثارها على النشاط البشري وخاصة في مناطق السهول الفيضية. فقد كان للمنعطفات والبحيرات الهلالية والجزر الأثر الكبير على طبيعة العمران في تلك المناطق وانتشاره بشكل يتناسب مع مظاهر السطح في تلك المناطق.

وعليه اتخذت بعض الدول التدابير والاجراءات للحد من أخطار الفيضان على المناطق الحضرية ومنها ما يأتي:

أ - انشاء سداد ترابية على جانبي قناة النهر وتكون على مسافة لا تقل عن ٥٠ م عن ضفة النهر وبارتفاع مناسب لاستيعاب أكبر كمية من المياه في أوقات الفيضان.

ب - تعديل بعض المنعطفات التي يتضمنها المجرى حسب طبيعة الانعطاف بحيث يكون عنق المنعطف ضيقاً، لاختصار المسافة التي تقطعها موجة الفيضان للوصول إلى المصب وزيادة سرعتها فيساعد ذلك على عبور الموجة بسرعة فتقل آثارها.

جـ - عدم السماح للجزر النهرية بالثبات في وسط المجرى لأنها ستؤدي إلى تخفيض

الطاقة الاستيعابية للمجرى وعرقلة الجريان وزيادة الترسيب والعمل على تركز شدة التيار في إحدى الضفاف فيعمل على تعريتها، كما تعمل على رفع مستوى قاع المجرى ومن ثم رفع مناسيب المياه إلى مستوى أعلى من الأراضي المجاورة فتحدث ظاهرة النزيز (Seepage) أو التسرب.

د - إنشاء مجاري احتياطية للنهر تمر خارج المنطقة الحضرية يمكن استغلالها في أوقات الفيضان لحمل المياه الزائدة إلى خارج المدينة، أذ تأخذ المياه من النهر قبل المدينة وتعيدها إليه بعد المدينة ، ويمكن تحقيق فوائد أخرى من ذلك المجرى. شكل رقم (٧٨).

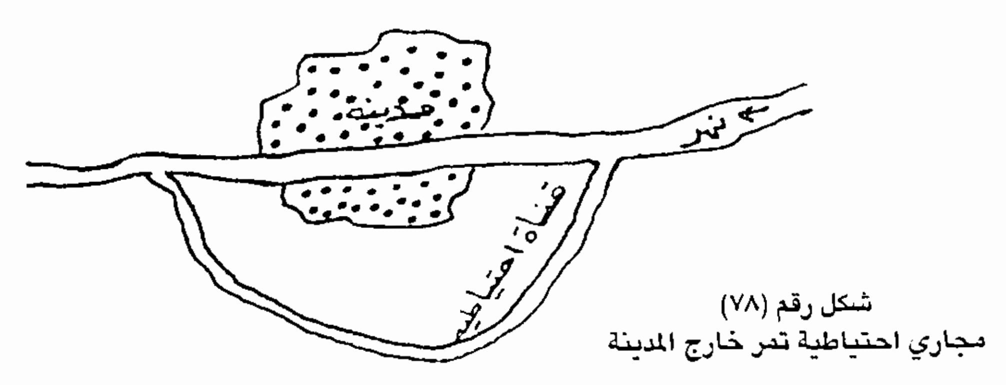
هـ - انشاء خزانات جانبية على جانبي المجرى قبل المراكز الحضرية لخزن المياه الزائدة أوقات الفيضان والاستفادة منها أوقات الشحة أو الصيهود.

و - تقليل كمية المياه المتدفقة في المجرى الرئيسي من خلال ما يأتي:

١ - انشاء سدود على الروافد الكبيرة التي تزود المجرى الرئيسي بالمياه.

٢ - انشاء سدود احتجازية ثابتة تعمل على رفع مناسيب المياه في المجرى الرئيسي وتكون بشكل متدرج باتجاه انحدار المجرى.

وقد يستفاد منها لعدة أغراض وهي حجز المياه ورفع مناسيبها لأغراض الري، ورفع مناسيب المياه الجوفية في المناطق المجاورة والتي يمكن استغلالها أيضاً لأغراض الري والاستعمال البشري.



شكل رقم (٧٨)
مجاري احتياطية تمر خارج المدينة

ر - حفر قنوات بزل بين مجاري الأنهار والمناطق العمرانية التي تتعرض إلى ارتفاع مناسيب المياه الجوفية لنقل تلك المياه بعيداً عنها ويمكن اعادة ضخها إلى النهر أو إلى أي مكان آخر.

ز - ترشيح بعض المناطق الواقعة على ضفتي المجرى لغمرها بالمياه عند الضرورة القصوى والتعرض إلى موجة فيضان عالية لا يمكن السيطرة عليها بواسطة وسائل السيطرة المتوفرة ويفضل ان تكون قليلة المنشآت والمشاريع للحد من الخسائر المترتبة على ذلك.

يتضح مما تقدم أن تخطيط المراكز العمرانية يعتمد على معلومات جيوهيدرولوجية مترجمة إلى خرائط والتي من خلالها يمكن تحديد المواضع الملائمة لنمو المدن.

فمن خلال تلك الخرائط يمكن التعرف على الوضع الطبوغرافي للمنطقة والتكوينات السطحية وطبيعة انتشارها والنظام الهيدرولوجي من حيث الجريان السطحي ومستوى المياه الجوفية، وتسمى مثل تلك الخرائط بالخرائط الأساسية. خريطة رقم (١٣).

خريطة رقم (١٣) مسح جيولوجي وهيدرلوجي لموقع المدينة

تربة رملية
تربة طينية
مارل
تربة رملية حصوية
حجر جيري
جبس
انهيارات ارضية
تربة عضوية
مستنقعات
دولومايت
▲ مستوى المياه الجوفية

٢ - تخطيط طرق السيارات والجسور:

أ - تخطيط الطرق:

إن تخطيط الطرق يختلف عن غيره من المشاريع لأنها لا تحتل موضعاً معيناً وعلى مساحة محددة بل تمتد لمسافات طويلة وفوق مناطق ذات أشكال وتكوينات مختلفة فبعضها ملائم لانشاء الطرق وبعضها الآخر غير ملائم وتتطلب معالجات معينة، وقد يؤدي إهمال بعض المشاكل إلى تدمير الطرق وعرقلة المرور عليها وربما تكون تكاليف معالجتها باهضة مقارنة بتكاليف المعالجة منذ البداية .

وفي هذا المجال سوف يتم التطرق إلى إنشاء الطرق عبر الأشكالا الأرضية المختلفة للوقوف على الجوانب السلبية والايجابية في كل نوع منها وكما يأتي:

١ - المناطق الجلبية :

تعد المناطق الجبلية من أكثر المناطق تعقيداً في مد الطرق خلالها وذلك لانحدار سفوحها وعدم استقرارها، وربما تخترقها عدة أودية، وقد يعتمد على ذلك اختيار الاسلوب المناسب لمد الطريق، أما قطع سفح الجبل أو حفر نفق أو مد الطريق على السفوح بشكل حلزوني أو دائري أو بشكل زجزاج أو بشكل متدرج على امتداد السفوح.

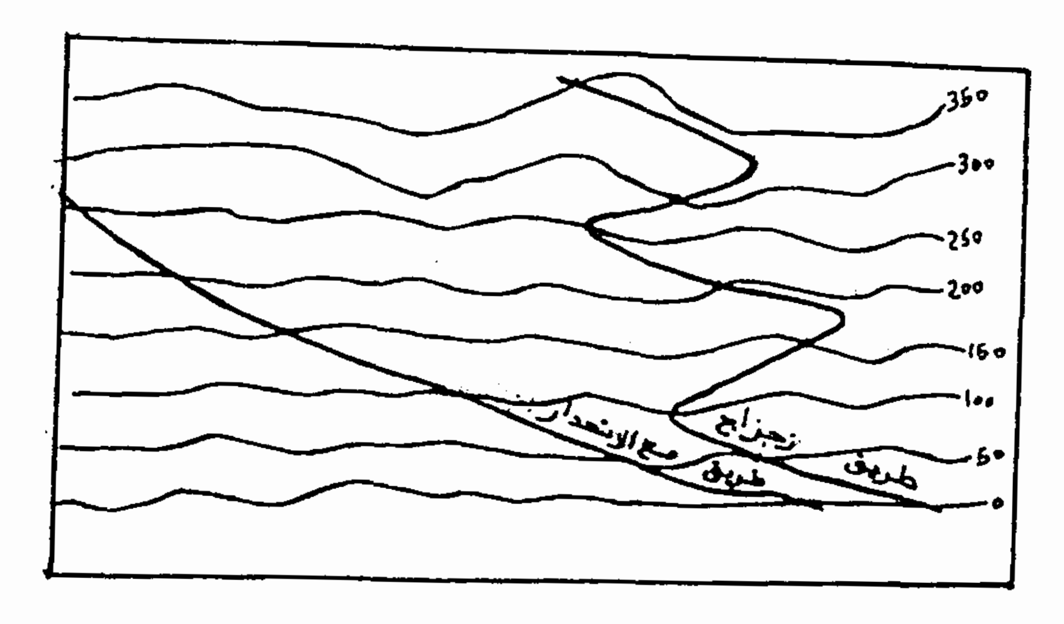
ويعتمد ذلك على طبيعة امتداد الجبال وارتفاعها فبعضها على شكل قمم منفردة والبعض الآخر على شكل سلسلة، لذا تستخدم الطرق الحلزونية أو الدائرية في الجبال المنفردة والزجزاجية والمتدرج في السلاسل الجبلية التي تمتد طولياً خريطة رقم (١٤ و ١٥) .

ويكون لطبيعة انحدار السفوح اثراً في ذلك إذا كانت شديد أم معتدلة، مستقرة أو غير مستقرة في بيئة رطبة أم جافة، فلكل حالة معالجة معينة، فإذا كانت التكوينات هشة يستوجب استخدام المساند الكونكريتية أو رفع تلك التكوينات واستبدالها بأخرى صلبة.

كما يجب الانتباه إلى طبيعة تصريف المياه فوق السفوح والعمل على منع جريان المياه فوق الطريق أو التجمع فوقه أو تحته، وحتى إلى الأعلى منه وربما يؤدي إلى حدوث انزلاقات وانهيارات تعمل على تدمير الطريق.

خريطة رقم (١٤)
طريق دائري او
حلزوني في منطقة
جبلية منفردة القمة

خريطة رقم (١٥) طرق زجزاجية ومتدرجة في سلسلة جبلية



ولغرض رسم المسار الملائم لمد الطريق في المناطق الجبلية لا بد من توفير خريطة كنتورية والتي يثبت عليها الموضع الذي سيشغله الطريق متبعاً بذلك السفوح المستقرة والمعتدلة الانحدار وتحديد المناطق التي تحتاج إلى معالجات بحيث تكون تلك المسارات يسهل المرور عليها وبشكل يتناسب مع قدرة محرك المركبات التي ستمر عليها الكبيرة والصغيرة، وهذا يتطلب التحكم في درجة انحدار الطريق.

مثال: المخريطة الطوبوغرافية رقم(١٤) تمثل منطقة جبلية منفردة القمة. ومقياس رسمياً $\frac{١}{١٠٠٠٠٠}$ المطلوب رسم مسار طريق عليها على افتراض أن السفوح مستقرة والمطلوب مراعاة الإنحدار بحيث يكون $\frac{١٠}{٢٠٠}$ أي ١٠ متر كل ٢٠٠ متر أو ١٠٠ متر كل ٢٠٠٠ متر، وبما أن الفاصل الرأسي بين خط وأخر ١٠٠متر لذا تكون المسافة الأفقية بين خط وأخر ٢٠٠٠ متر وبما ان مقياس الرسم كل ١ سم = ٢٠٠٠ متر لذلك تكون المسافة الافقية بين خط وأخر على الخريطة ٢ سم. وعليه سيكون مسار الطريق كما هو موضح في تلك الخريطة [١٦].

ومن الجوانب المهمة الأخرى التي يجب مراعاتها هي مدى استجابة مكونات السفوح الترابية والصخرية لعمليات التجوية والتعرية خاصة إذا كانت المنطقة تتعرض إلى سقوط الثلوج التي تسقط في موسم البرودة وتذوب في المواسم الأخرى والتي قد يترتب عليها انهيارات وانزلاقات وزحف تربة والتي تعمل على تدمير الطرق. وهذا ما حدث في ولاية كاليفورنيا في أمريكا حيث أدى زحف مكونات السفوح إلى إزاحة الطريق المشيد على السفوح وكسر أنابيب المياه.

ومما يزيد من مشاكل انشاء الطرق في المناطق الجبلية كثرة الأودية التي تقطعها تلك الطرق خاصة وأنها على أعماق سحيقة وذات سفوح شديدة الانحدار وربما تكون الضفاف ذات تكوينات ضعيفة وتحتاج إلى معالجة، فكل ذلك سوف يزيد من تكاليف انشاء الطرق وزيادة مشاكلها ومخاطرها.

وقد تعترض الجبال مسار الطريق وتكون ذات سفوح غير ملائمة لانشاء الطريق، كما أن قطع سفوحها يعرض الطريق إلى مشاكل، إلا أن التكوينات تحت السطحية ملائمة لحفر

أنفاق خلالها، خاصة إذا كانت المسافة محدودة، لذا يتم حفر نفق عبر تلك المنطقة الجبلية لاستمرار الطريق.

٢ - السهول الفيضية:

تتميز السهول الفيضية عن بقية مظاهر السطح بانبساطها والتي تسهل عملية مد الطريق فوقها من حيث المبدأ، ولكن هنالك مشاكل عدة ستعترض تنفيذها منظورة وغير منظورة ومنها ما يأتي:

أ - تتكون السهول الفيضية من تربة رسوبية منقولة ضعيفة التماسك والتحمل لذا يتعرض الطريق إلى هبوط وخاصة عند مرور مركبات الحمل وهذا يحتاج إلى معالجة لتحسين خواصها أو استبدالها.

ب - وجود قنوات الري والبزل والتي تمتد على شكل شبكات يتقاطع معها الطريق في عدة مواقع ويحتاج ذلك إلى قناطر وجسور.

جـ - تتضمن بعض المناطق من السهول بحيرات هلالية ومتسنقعات والتي لا يمكن مد الطريق عبرها لسعتها وصعوبة انشاء جسر عليها وضعف صلابة مكوناتها لذا يجب تجنبها والابتعاد عنها مما يزيد ذلك في طول الطريق والكلفة.

د - ارتفاع مناسيب المياه الجوفية بسبب الري المستمر وارتفاع مناسيب مياه النهر وخاصة في مواسم الفيضان، فتؤثر على خصائص التربة.

هـ - التعرض إلى فيضانات الأنهار والتي قد تؤدي إلى غمر الطريق وتدميره أو يكون التأثير بشكل غير مباشر عن طريق ارتفاع مناسيب المياه الجوفية بحيث تظهر فوق الأرض فتؤثر على الطريق.

و - تأثير المنعطفات النهرية وخاصة على الطرق التي تمر قرب ضفاف الأنهار إذ تعمل على زيادة المسافة المقطوعة.

يظهر مما تقدم أن المشاكل التي تجابه مد الطرق في مناطق السهول الفيضية كثيرة وتحتاج إلى كلف اقتصادية، فضلاً عن أن البعض منها يؤدي إلى زيادة أطوال الطرق والتي تحتاج إلى زمن أكثر لقطعها في الوقت الذي يسعى فيه العالم إلى اختصار المسافات والزمن ليكون لصالح راحة الإنسان.

٣ - الهضاب:

تختلف الهضاب عن بعضها من حيث الشكل والتكوين، فبعضها ذات سطح منبسط وأخرى ذا سطح متضرس، كما أن بعضها ذات تكوينات صخرية صلبة وأخرى ذات تكوينات هشة، ولكل نوع مشاكل معينة تواجه مد الطرق وكما يأتي:

أ - الهضاب المنبسطة :

تتكون بعض الهضاب من التكوينات الجيرية والطباشيرية، والتي من خصائصها قابليتها على الذوبان بالماء في المناطق الرطبة التي تسقط فوقها الأمطار بكميات غزيرة والتي تسمح وضعية الطرق بتجمع المياه فوقها في الحفر والمنخفضات التي تتضمنها أو فوق المناطق المحاذية لتلك الطرق، والتي تعمل على تحلل وإذابة بعض مكونات الطريق فينتج عنها تشقق الطبقة العليا من الطريق فتسمح بتسرب المياه إلى الطبقة التي تليها فتعمل على اضعاف تماسكها وصلابتها ومن ثم هبوطها.

وتزداد المشكلة تعقيداً عند مرور مركبات الحمل الثقيلة والتي تسهم في توسع الشقوق والحفر وقد تصل إلى حد يصعب على المركبات الصغيرة تجاوزها.

كما تحدث هذه الظاهرة في بعض المدن وخاصة التي لا تتوفر فيها مجاري للصرف الصحي والأمطار ويتم توجيه مياه الاستعمال المنزلي والأمطار نحو الشوارع فتتجمع في المناطق المنخفضة فتعمل على تدميرها وتحويلها إلى حفر ومطبات وذات منظر مشوه. وهذا ما يجب الانتباه إليه عند تخطيط الشوارع فيجب أن تكون انحدارات تعمل على نقل المياه إلى مناطق بعيدة عن الشوارع وبشكل ذاتي من خلال التحكم بمقدار الانحدار العام وانحدار الشوارع الفرعية نحو الرئيسي. أو عمل مجاري لنقل تلك المياه.

ب - الهضاب المتضرسة:

تتميز بعض الهضاب بقلة انبساطها لما تتضمنه من تلال وهضاب صغيرة متقطعة (الميسا) وأودية متباينة الأبعاد، وعليه يواجه انشاء الطرق في مثل تلك الهضاب مشاكل عدة تحتاج إلى معالجات واجراءات لتجاوزها فقد يعترض الطريق تلال أو هضاب ففي هذه الحالة إما أن تقطع المواضع التي يمر منها الطريق أو تغيير المسار، أو قد تكون عبارة عن أرض مرتفعة على نطاق محدود فيمكن حفرها للحفاظ على مستوى واستقامة الطريق

أما إذا كانت على نطاق واسع ومن الصعب حفرها أو يترتب على حفرها مشاكل لذا يمكن إنشاء الطريق فوقها مع إجراء بعض التحسينات على المناطق التي تحتاج إلى ذلك وخاصة المناطق ذات التكوينات الهشة.

وعلى العكس من ذلك المناطق المنخفضة التي تحتاج إلى دفن لرفع منسوب الطريق عن المناطق المجاورة ويكون بتكوينات صلبة وربما يتطلب الأمر رفع بعض التكوينات واستبدالها بأخرى أفضل منها.

أما الأودية فتتطلب انشاء جسور وقناطر عليها على أن تكون على ارتفاع يسمح بمرور أكبر موجة سيل تتعرض له تلك المناطق لتجنب مخاطر تلك السيول التي تسببت في تدمير العديد من تلك الجسور في المناطق الصحراوية.

جـ - الهضاب ذات التكوينات الهشة:

يغطي سطح مساحات واسعة من المناطق الصحراوية تكوينات غير متماسكة كالرمال وتربة اللوس، وهي ضعيفة التحمل لذا يكون مد الطرق فوقها مكلفاً وقد يتطلب الأمر إزالة تلك التكوينات واستبدالها بأخرى أفضل منها وقد تكون الرمال على أعماق يصعب رفعها ومعالجتها ولا يمكن مد طريق فوقها والمثال على ذلك صحراء الربع الخالي في الجزيرة العربية وبحار الرمال في الصحراء الإفريقية.

ومن المشاكل الأخرى التي تواجه انشاء الطرق في مثل تلك المناطق تحرك الرمال والأتربة نحو الطريق فتسبب مشاكل بيئية ومرورة الأولى تتعلق بتحديد الرؤيا والتلوث والثانية تجمع كميات كبيرة من الرمال فوق الطريق فتؤثر على حركة المرور وتعمل على عرقلته وربما تسبب حوادث مرورية.

وهذا ما يحدث في ولاية نيفادا الامريكية إذ يؤدي زحف الرمال إلى تغطية طريق المرور السريع مما يضطر الجهات المسؤولة إلى إزالته بين فترة وأخرى وتصل إلى ثلاث مرات في السنة على الأقل وفي كل مرة يزاح ما بين ١٥٠٠ إلى ٤٠٠٠ م^{٣} من الرمال، ورغم المحاولات الجارة لتثبيت الكثبان الرملية إلا أنها لم تفلح.(١٧)

ومن التكوينات الهشة في المناطق الصحراوية أراضي السبخات التي توجد في المنخفضات الصحراوية التي تتجمع فيها مياه الأمطار حاملة معها ترسبات مختلفة وأملاح

فتكون مفككة وغير متماسكة ويصعب المرور فوقها، ومد الطرق عبرها مكلف جداً أيضاً.

٤ - مناطق البحيرات والمستنقعات الجافة ومجاري الأنهار المطمورة:

يغطي سطح البحيرات والمستنقعات الجافة رواسب غير متماسكة وهشة ضعيفة التحمل لذا تتعرض إلى الهبوط والانخساف عند مرور المركبات الثقيلة فوقها، وعليه يجب معالجة ذلك من خلال استبدالها أو خلطها بمكونات أخرى تزيد من تماسكها.

وكذلك الحال بالنسبة لمجاري الأنهار المتروكة التي تغطيها الرواسب الرملية فهي الأخرى ضعيفة التحمل ، وقد وصلت تكاليف معالجة إحدى الطرق المارة فوق نهر مطمور في مدينة الرمادي في العراق إلى ضعف كلفة إنشاء الطريق الأساسية إذ تم رفع الطريق مرتين وإعادة انشاءه وبأساليب مختلفة إلا أنها لم تكن وفق الطرق العلمية لذا لم يكتب لها النجاح إلا في المرة الأخيرة عندما تم رفع تلك التكوينات واستبدالها بأخرى شديدة الصلابة.

٥ - مناطق التكوينات الجليدية:

تعد المناطق التي كان يغطيها الجليد سابقاً والمناطق التي غطتها الرواسب الجليدية من المناطق ذات التكوينات الضعيفة غير المتماسكة حيث عمل التجمد والذوبان على اضعاف تماسك تلك المكونات.

أما الرواسب التي نقلتها الثلوج والمياه الناتجة عن إذابتها فهي الأخرى ضعيفة التماسك والتحمل ، لذلك يجب حقنها بمواد صلصالية غير مسامية تزيد من تماسكها عند انشاء الطرق فوقها(١٨).

ومن الجدير بالذكر أن اختيار المواضع الملائمة لانشاء الطرق لا يتوقف على التكوينات السطحية التي تقام فوقها الطرق بشكل مباشر بل أيضاً التكوينات تحت السطحية والتي كلما كانت صلبة وغير مسامية ولا تحتوي على شقوق وفواصل تسهم في إدامة الطريق واستمرار حركة المرور عليه بدون مشاكل خاصة التي تمر عليها مركبات الحمل وعليه يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار تلك التكوينات عند انشاء الطرق.

إنشاء الطرق

تتكون الطرق من ثلاث طبقات رئيسية وكما يأتي:

١ - الطبقة السفلى أو ما تحت الأساس:

وتشمل مكونات سطح الأرض التي يمر بها الطريق والتي تختلف من مكان لآخر عبر المسافة الطويلة التي يمتد فوقها الطريق، ولكل نوع خصائص معينة بعضها جيد والبعض الآخر ضعيف ويحتاج إلى معالجة، وتعد هذه الطبقة ذا أهمية كبيرة لتركز ضغط حركة المركبات عليها عبر الطبقات الأخرى وأن أي خلل فيها تنعكس آثاره على الطبقات التي فوقها فيتعرض الطريق إلى الهبوط والتشقق، لذا يجب أن تكون طبقة متماسكة وصلبة ولا تسمح للمياه بالتسرب خلالها. لذلك يتم استبدال الضعيفة بقوية.

٢ - طبقة الأساس

وتقع فوق الطبقة السابقة وهي الطبقة التي يقع عليها ثقل المركبات والتي تقوم بتوزيعها بصورة متساوية على جميع أجزاء تلك الطبقة فيكون تأثيرها على التي تحتها اقل، لذا يجب أن تتمتع بمتانة عالية وتأثير العوامل البيئة عليها وخاصة المناخية يكون محدود ، لهذا تستخدم كسارة الصخور المختلفة كمواد أولية لهذه الطبقة، وفي حالة عدم توفرها تستخدم الترب التي لها خاصية التصلب والتماسك وعدم التأثر بالعوامل الخارجية.

٣ - الطبقة السطحية:

وتمثل الجزء العلوي أو السطحي من مكونات الطريق والتي تكون عبارة عن خرسانة ناتجة عن مزيج من القير أو الاسفلت أو الاسمنت والحصى المتوسط الحجم والصخور المجروشة، والتي يتم مزجها وفق مقادير معينة ففي حالة قلة القير يكون الطريق خشناً وفي حالة زيادته يكون ليناً ويتمدد في الفصول الحارة نحو الجوانب خاصة عند مرور المركبات الثقيلة فتظهر مطبات في الطريق، وعليه يجب أن تتصف المواد المستخدمة في هذه الطبقة بما يأتي:

أ - مواد صلبة ذات مقاومة انضغاطية عالية.

ب - قلية المسامية والنفاذية.

جـ - خالية من المعادن القابلة للتأكسد والقابلة للانتفاخ والانكماش.

د - مواد عالية الكثافة والصلابة.

هـ - يكون الحصى والصخور المجروشة ذات أسطح خشنة الملمس لذلك يتم تكسيرها وتحويلها إلى أشكال مختلفة تزيد من تماسك خرسانة الطريق.

و - اعتماد مواد قليلة التأثر بعناصر المناخ[١٩].

الجوانب التي يجب مراعاتها عند إنشاء الطرق

١ - طبيعة تضاريس المنطقة ودرجة إنحدار السطح والسفوح.

٢ - موقع الطريق بالنسبة لشواطئ البحار ومجاري الأنهار ومدى تأثيرها عليه من خلال عمليات التعرية والتجوية.

٣ - طبيعة التكوينات السطحية وتحت لاسطحية في المناطق التي يمر فوقها الطريق.

٤ - طبيعة المياه الجوفية في المناطق التي يمر فوقها الطريق ومدى تأثيرها عليه.

٥ - أنواع التساقط التي يتعرض لها الطريق مطرية أو ثلجية ومدى تأثيرها على مكونات الطريق وحركة المرور.

٦ - البيئة التي يمر بها الطريق ومدى تأثيرها عليه كالمرور في المناطق الصحراوية وما يتعرض له من عواصف ترابية ورملية التي تعرقل حركة المرور وتسبب له مشاكل عدة، أو المرور في منطقة سهلية تتعرض إلى الفيضانات المستمرة، أو المرور في منطقة جبلية تتعرض إلى إنهيارات وإنزلاقات.

٧ - توفر المواد اللازمة لإنشاء الطريق كالقير أو القار والإسفلت والإسمنت والصخور أو الحصى.

٨ - إختيار أقصر الطرق وأقلها مخاطر لتوفير الراحة والأمان للإنسان.

٩ - عمل مجاري على جانبي الطرق لتجميع المياه الساقطة فوق الطرق والمناطق المجاورة لها ونقلها بعيداً عنها[٢٠]

١٠- عدم السماح بتوجيه مياه الاستعمالات المنزلية والصرف الصحي والأمطار نحو الشوارع وبشكل مستمر فيعمل على تدميرها.

١١- إنشاء الطرق وفق انحدارات متدرجة ودقيقة وخاصة في المدن بحيث لا تسمح للمياه بالتجمع في مكان معين بل تستمر في جريانها إلى مواقع خارج الطرق.

١٢- عدم مد أنابيب شبكات مياه الشرب والصرف الصحي في وسط الطرق بل تكون ضمن الرصيف المخصص للماشيين على الأقدام (السابلة) فقد يؤدي مرور المركبات الثقيلة إلى كسر تلك الأنابيب فتعمل على تدمير الطريق خاصة وأنه لا يكون واضحاً إلا بعد فترة إذ تتعرض تلك المناطق إلى الهبوط أو الإنخساف.

ب - تخطيط الجسور على مجاري الأنهار والأودية الجافة.

تقام الجسور لغرض إستمرار الطريق عبر مجاري الأنهار والأودية والتي يتم إختيار مواضعها وفق أسس معينة هي:-

١ - إختيار أضيق المناطق ضمن المجرى ويكون تقاطع الجسر مع المجرى بشكل عمودي لتقليل المخاطر والكلف.

٢ - عدم إقامة الجسور عند المنعطفات حيث يكون المجرى أكثر إتساعاً وعمليات التعرية تتركز في عدة مناطق، لذا يكون الجسر مكلف إقتصادياً ويتعرض إلى مخاطر.

٣ - أن تكون ضفاف المجرى ذات تكوينات صلبة وقابلية تحملها عالية وقليلة الإستجابة لعمليات التعرية والتجوية، وفي حالة عدم توفر تلك الخصائص الملائمة فيجب بناء مساند كونكريتية، أو إستبدال التكوينات الضعيفة بأخرى صلبة.

٤ - تصميم الجسر على إرتفاع يعلو عن أعلى موجة فيضان تعرض لها النهر في الماضي، أما على الأودية الجافة فيكون أعلى من مستوى السيول التي شهدها الوادي في السنوات المطيرة الماضية.

٥ - تصميم الجسر بشكل يتناسب مع طبيعة الحركة عليه والموضع الذي تقام فيه، وعلى العموم تكون الجسور مقوسة في المدن ومستقيمة في طرق المرور السريعة.

٦ - عدم السماح للرواسب بالتجمع في قاع المجرى أو الوادي أمام الجسور أو تحتها والتي تعمل على رفع مناسيب المياه فتؤثر على الجسور والضفاف من خلال عمليات التعرية والتجوية فتقلل من قوتها.

٣ - تخطيط المطارات:

إن تخطيط المطارات يكون حسب الغرض منها، إذ هنالك مطارات لخدمات النقل سواء

كان داخل البلد أو خارجه، ومطارات أخرى لأغراض محددة وتسمى بالمطارات الثانوية مثلاً للأغراض الزراعية أو التصوير الجوي أو لأغراض عسكرية، أو أي خدمة محدودة.

واعتماداً على ذلك يتم تخطيط المرات الخاصة بإقلاع وهبوط الطائرات حسب نوع الطائرة ودرجات الحرارة وإرتفاع أرض المطار عن مستوى سطح البحر وميل الأرض، وعلى العموم تكون أطوال المرات كما يأتي:

أ - المطارات الثانوية طول المر ما بين ٥٠٠ - ١٠٠٠م.

ب - المطارات المحلية ١٠٠٠ - ١٣٠٠م.

جـ - المطارات الرئيسية ١٣٠٠ - ١٨٠٠م.

د - المطارات الكبيرة للرحلات داخل القارات ١٨٠٠ - ٢٢٠٠م.

هـ - المطارات الكبيرة للرحلات بين القارات ٢٢٠٠ - ٣٣٠٠م.

أما أشكال المرات فقد تكون منفردة أو مزدوجة أو متقاطعة أو على شكل حرف (V)، وعليه يحتاج كل نوع من المطارات إلى منشئات ومواقف سيارات وخدمات وهذه تحتاج إلى مساحة واسعة من الأرض والتي تصل إلى ٢٠ كم^{2} وأقل من ذلك في المطارات الصغيرة [٢١].

الجوانب التي يجب مراعاتها عند تخطيط المطارات

١ - أن تكون الأرض منبسطة ويفضل أن تكون ذات انحدار بسيط لغرض تصريف مياه الأمطار والصرف الصحي في المناطق المنبسطة.

٢ - عدم إحاطة أرض المطار بالمرتفعات التي تعرقل عمليات الهبوط والاقلاع.

٣ - سهولة مد المرات لهبوط واقلاع المطارات في اتجاهات مختلفة.

٤ - مدى توفر المياه للاستعمالات المختلفة سطحية أو جوفية.

٥ - طبيعة التكوينات السطحية وتحت السطحية يجب أن تكون ذا درجة تحمل عالية وخاصة المطارات الكبيرة.

٦ - النظام الهيدرولوجي في المنطقة المختارة ومدى تأثير المياه على منشآت المطار وممراته سواء مياه جوفية أو سطحية.

٧ - مدى التعرض إلى العواطف الرملية والغبارية التي تؤثر على مدى الرؤيا وعلى ممرات المطار عند تجمع الرمال والأتربة عليها والتي تعرقل عمليات الطيران.

٨ - الظروف المناخية السائدة من حرارة وتساقط ورياح وضباب والتي تؤثر بشكل مباشر على الطيران.

ومن الجدير بالإشارة إليه أن الخصائص الطبيعية المختلفة الجيولوجية الهيدرولوجية والجيومورفولوجية تتباين من مكان لآخر وربما لا توجد منطقة تتوفر فيها جميع الشروط الملائمة لانشاء المطار إذ تتباين المشاكل من منطقة لأخرى فبعضها يمكن معالجتها والبعض الأخر غير ممكن، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال المقارنة بين مناطق متباينة في خصائصها وكما يأتي:

١ - السهول الفيضية والتي من خصائصها:

أ - انبساط الأرض.

ب - التعرض للفيضان.

جـ - ارتفاع مناسيب المياه الجوفية.

د - ضعف تحمل الأرض.

هـ - توفر مياه للاستعمالات المختلفة.

٢ - أرض المدرجات النهرية، ومن خصائصها:

أ - محدودة المساحة.

ب - ذات تكوينات جيدة التصريف

جـ - عدم التعرض للفيضان .

د - عدم التأثير بالمياه الجوفية.

هـ - قابلية التحمل جيدة.

٣ - السهول الكارستية ومن خصائصها:

أ - أرض منبسطة واسعة المساحة.

ب - قابلية التحمل عالية في المناطق الجافة وضعيفة في المناطق الرطبة. وقد تكون مثل تلك المناطق ملائمة في المناطق الجافة إذا توفرت مياه للاستمالات المختلفة.

مراجع الفصل السادس

١ - د . يحيى عيسى فرحان، التطبيق الهندسي للخـــرائط الجيومورفولوجية، مصـــدر سابق، ص ٣٧.

٢ - Anne R. Beer, Environmental Planning For site development, london, 1990, P. 67

٣ - د. صـــلاح الدين علي الشـــامي؛ الجـغـرافـيـة دعـامـة الـتـخطيط، منشـآت المعـارف، الاسكندرية ط ٢. ١٩٧٦ ص ١٧٣.

٤ - د. محمد يوسف وآخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق ص ٢٣٦ - ٢٣٧.

٥ - زهير رمو فتوجي؛ الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق ص ٩٧.

٦ - د . محمود توفيق سالم؛ هندسة الطرق، دار الراتب الجامعية بيروت ١٩٨٤ ص ١١٠.

٧ - د. صلاح الدين علي الشامي؛ الجغرافية دعامة التخطيط ، مصدر سابق ص ٣٦٦.

٨ - اناتولي ريمشا؛ تخطيط وبناء المدن في المناطق الحارة، ترجمة د. داود سلمان المنير، سوريا حلب، ١٩٧٧، ص ٨٧.

٩ - د. عبدالإله أبو عياش، مدينة عمان، دراسة في الهجرة الداخلية والتضخم الحضري، بحث مقدم إلى المؤتمر الخامس المنظمة المدن العربية، الرباط، ١٩٧٧ للفرمن ٦ - ١٢ حزيران ص ١٨٦ .

١٠- د . مصطفى حاج عبد الباقي: النمو العمراني الحضـري في مدينة مكة المكرمة، المشاكل والحلول، بحث مقدم إلى المؤتمر الثامن المنظمة المدن العربية ١٩٨٦، ص ٢١.

١١- د. حسن سيد أحمد أبو العنين؛ اصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق ص ٣٣٢.

١٢- ارثين ليفون، زهير ساكو؛ انشاء المباني، ط١، دار الكتب للطباعة والنشر، بغداد ١٩٨٢، ص ٣٧ - ٣٨.

١٣- Anne R,Beer, Envirmeental Planning For site Develpments opcit, P.75

١٤- ارتين ليفون وزميله، انشاء المباني، مصدر سابق، ص ٤٠٤.

١٥- زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق، ص ١٤٤.

١٦- د. محمد صبحي عبد الحكيم وزميله، علم الخرائط، مصدر سابق، ص ٢٤٧.

١٧- ادور كيلر؛ الجيولجيا البيئية، مصدر سابق، ص ١٣٨.

١٨- د. حسن سيد أحمد أبو العنين، أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص ٧١٣.

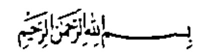
١٩- زهير رمو فتوحي، الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق، ص ٣٠٠.

٢٠- د. حسن سيد أحمد أبو ا لعنين، أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص ٧١٨.

٢١- د. خالد علام ود. سمير سعد علي ود. مصطفى الديناري، التخطيط الاقليمي، ط١، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة ١٩٩٥، ص ٢٨٧.

الفصل السابع

أهمية المعلومات الجيومورفولوجية في تخطيط مشاريع الري والخزن



﴿ وأرسلنا الرياح لواقح فأنزلنا من السماء ماءً فأسقيناكموه وما أنتم له بخازنين ﴾

صدق الله العظيم

[الآية ٢٢ سورة الحجر]

إن اختيار مواقع السدود والخزانات وتخطيط مشاريع الري والبزل يعتمد على معلومات متنوعة في مجالات عدة جيومورفولوجية وجيولوجية وهيدرولوجية، سواء ما يقام منها على مجاري الأنهار أو على الأودية الجافة، وفي هذا المجال سوف سيتم التطرق إلى مواقع السدود والخزانات ومشاريع الري والبزل كل على حدة وكما يلي:

أولاً : السدود والخزانات:

١ - أنواع السدود والخزانات:

تقام السدود على الأنهار والأودية الجافة لتؤدي غرضاً معيناً، ويستخدم في بناءها مواد متنوعة، وعليه تكون السدود على أنواع سواء من حيث الغرض الذي وجدت من أجله أو من حيث المادة المستخدمة في بنائه وكما يأتي:

أ - السدود حسب الغرض الذي أقيمت من أجله:

١ - سدود تقام للتحكم في المنسوب المائي مثل السدود المقامة على الأنهار لرفع مناسيب المياه أمامها لكي تدخل الترع الجانبية والقنوات أمام السد، أو لضمان عمق معين لغرض الملاحة.

٢ - سدود تقام على مجاري الأنهار الشديدة الانحدار للحد من سرعة الجريان وشدة التعرية.

٣ - سدود لأغراض تخزين المياه في مواسم الفيضانات للتخلص من أخطارها.

٤ - سدود لتوليد الطاقة الكهربائية من خلال الفرق في منسوب المياه قبل السد وبعده فتعمل على تدوير التوربينات.

٥ - سدود رفع مناسيب المياه الجوفية في مناطق معينة وذلك من خلال رفع مناسيب المياه الجارية فيؤدي إلى تسربها خلال التكوينات المحيطة بالمنطقة.

٦ - سدود متعددة الأغراض.

ب - أنواع السدود حسب المواد المستخدمة في بناءها وشكلها:

١ - سدود بنائية، وتقسم إلى عدة أنواع هي:

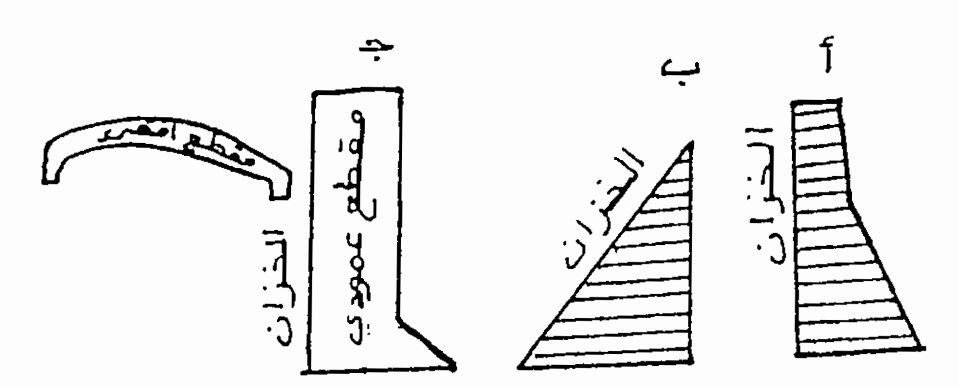
أ - سدود تثاقلية، وتتكون من خرسانة عادية ومستقيمة الشكل أو منحنية في

تخطيطها وذلك وفق الظروف الطوبوغرافية في المنطقة، أما قطاعها فيكون شبه منحرفاً، شكل رقم (٧٩ أ)، ويفضل انشاء مثل تلك السدود فوق صخور صماء صلبة.

ب - السدود ذات الاكتاف او الحائطية : يتكون هذا النوع من جزئين الاول حائط من الخرسانة المسلحة مائلاً الى الوراء وتؤثر عليه القوى الناتجة عن ضغط المياه، اما الجزء الثاني فهو اكتاف او حيطان رأسية عمودية على الحائط السابق لمواجهة الضغط المسلط عليه ونقلها الى الأساسات، وهذا النوع اقل كلفة من السابق، شكل رقم (٧٩ ب) .

جـ - سدود قبوية : وتتكون من حائط خرساني محدب باتجاه منبع النهر لتوزيع القوى المؤثرة على هذا السد على امتداد قطاعه وعلى جانبيه، وهذا يحتاج تكوينات صخرية صلبة(١) . شكل (٧٩ جـ) .

شكل رقم (٧٩) انواع السدود البنائية



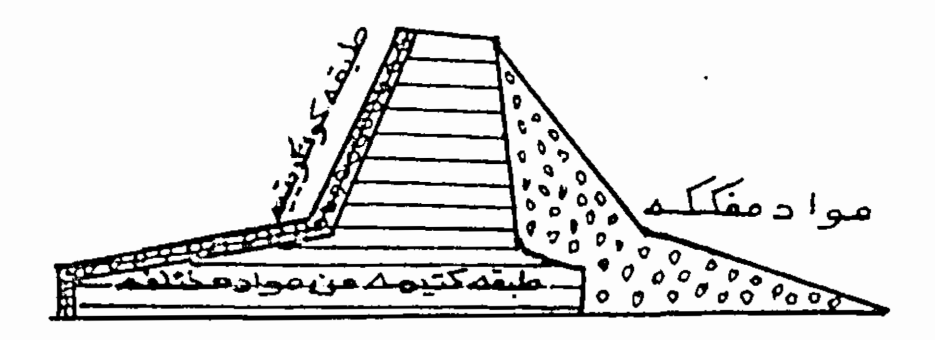
٢ - سدود ترابية: وتقسم إلى نوعين:

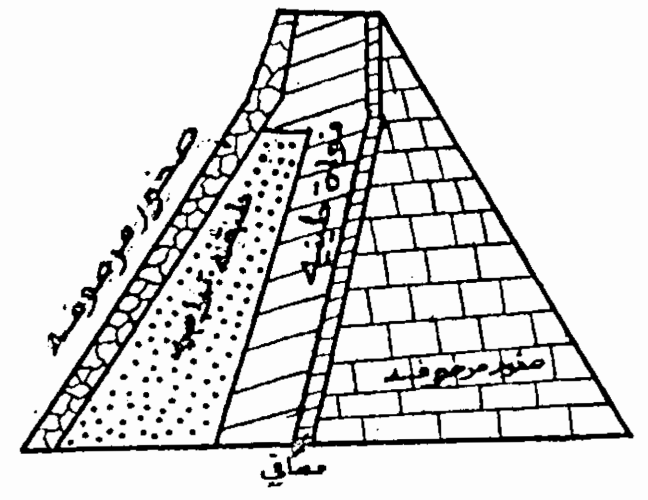
أ - سدود املائية ترابية:

وتقام من مواد مفككة مثل الطين والرمل والزلط أو الحصى ومفتتات الصخور والحجر الطيني، وقد تكون تلك المواد متماسكة جداً ولا تسمح بشرب المياه، وتعد من السدود البسيطة الإنشاء والتكاليف حيث تكون على شكل طبقات من الصخور والترب، كما يستخدم في بناءها نواة من الطين الصلب، ويتم رصفها بالصخور أو إكسائها بطبقة

كونكريتية لغرض المحافظة عليها من التعرية والتجويه، ويتم بناء هذا النوع من السدود على الأودية الجافة في المناطق الصحراوية، شكل رقم (٨٠ - أ).

شكل رقم (٨٠) انواع السدود الترابية





ب - سدود إملائية ركامية:

يتشابه مع النوع السابق في شكل القطاع والمواد التي يتكون منها إلا أن هذا النوع يتكون من مواد صخرية، إذ يتكون جسم السد الرئيسي من تلك المواد وتتم تغطية منحدرة من ناحية الخزان بالخرسانة الكونكريتية، كما يبنى حائط من الحجارة ترتكز عليه الواجهة غير النفيذة والتي ترتكز بدورها على الجزء الرئيسي من القطاع [٢] شكل رقم (٨٠ ب).

٢ - مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأنهار والأودية الجافة:

أ - مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأنهار.

١ - المواقع الملائمة لإنشاء السدود والخزانات:

يحتاج إنشاء السدود والخزانات وتحديد المواقع والمواضع الملائمة لإقامتها إلى

دراسات واسعة في مجالات مختلفة والتي تحتاج إلى تحري موقعي وخاصة الجيولوجية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية والبيئية، إذ يتوقف نجاح السد وفشله على دقة تلك المعلومات لذا يجب توفير تلك المعلومات من مصادرها المختلفة وتوفير خرائط طوبوغرافية توضح طبيعة تضاريس المنطقة وإنحداراتا وخرائط عن التكوينات السطحية وتحت السطحية والتي من خلالها يمكن اختيار الموقع الملائم الذي تتوفر فيه الشروط الآتية:

أ - أن يكون الموقع الملائم للخزن حوضي الشكل ومحكماً وذات حجم مناسب لاستيعاب كمية المياه المتوقع خزنها.

ب - وجود ممر في الحوض يخترق قاعدة صخرية صلبة تسمح ببناء سد فوقها بكلفة اقتصادية مناسبة.

جـ - يكون الموقع ملائماً لإنشاء قناة تصريف تحمل المياه الزائدة خارج الخزان عند ارتفاع مناسيبها إلى مستوى يفوق طاقة خزنه.

د - توفر مواد أولية تستخدم في بناء السد.

هـ- التأكد من العمر الزمني للخزان من خلال معرفة كميات الرواسب التي يجلبها النهر سنوياً إلى داخل الخزان، فكلما زادت كمية الرواسب قلت الطاقة الاستيعابية للخزان بمرور الزمن حتى يصل إلى مستوى يكون الخزن محدود الكمية وغير مفيد[٣]

و - يفضل أن يكون الخزان في موقع ضيق وعميقاً لتقليل التبخر من الخزان والحد من نمو الأعشاب والنباتات في الخزان، كما يقلل من انتشار مياه الخزان على مساحة واسعة فتكون ضحلة فيزداد التبخر ونمو النباتات ومن ثم زيادة نسبة الأملاح الذائبة.

ز - دراسة نظام التصريف النهري أو المطري بدقة لمعرفة طبيعة الفيضانات ونظامها وأعلى ذروة فيضان شهدها النهر وأقل تصريف، ومدى تردد موجات الفيضان العالية والتي على ضوءها يتم تحديد نوع السد الملائم بحيث يستوعب أعلى موجة فيضان(٤). وكذلك الحال في الأودية الجافة فيتم التعرف على النظام المطري وأعلى سيول تعرض لها الوادي.

ك - أن يكون انحدار المجرى في منطقة بناء السد بطيئاً ويفضل أن يكون ميل الطبقات باتجاه المجرى للحد من ثقل الماء المندفع نحو السد، فضلاً عن اندفاع الرواسب نحو جسم السد في المناطق المنحدرة.

ر – تحديد الهدف الأساسي من إنشاء السد أما لغرض خزن المياه أو توليد الطاقة الكهربائية، إذ يوجد تناقض في مطالب الخزن وتوليد الطاقة فإذا كان لأغراض الخزن فيتم ملء الخزان أوقات الفيضان وتفريغه أوقات الشحة، أما إذا كان لغرض توليد الكهرباء فيجب المحافظة على منسوب عال للمياه لغرض تدوير التوربينات، ولهذا يفضل إقامة السدود الخاصة بتوليد الطاقة على الروافد التي تصب في الأنهار الرئيسية.

حـ – أن تكون المنفعة المتحققة من إنشاء السد تفوق الكلف الاقتصادية المترتبة على إنشاء السد بما فيها الخسائر الناتجة عن غمر مساحات واسعة من الأراضي الزراعية والمدن والقرى والمنشآت المختلفة.

ن – أثار السد على المناطق المحيطة بالخزان إذ ترتفع مناسيب المياه الجوفية وأثار ذلك على النشاط البشري في تلك المناطق، وكذلك التأثير على مجرى النهر بعد السد حيث يتغير نظام التعريف فتنعكس آثاره على العمليات النهرية ومن ثم على مورفولوجية المجرى.

٢ – المواضع الملائمة لإنشاء السدود والخزانات:

بعد تحديد الموقع الملائم لإنشاء السدود والخزانات وفق الشروط التي مر ذكرها يجري البحث عن أفضل موضع مناسب لإقامة السد وخزن المياه ضمن الموقع الذي تم اختياره فربما تكون المنطقة غير صالحة لإنشاء السد وخزن المياه وقد تترتب على ذلك مشاكل عدة في الوقت الحاضر أو في المستقبل، وعليه سيتم تناول مواضع السدود والخزانات على الأنهار كل على حدة وذلك لاختلافهما من حيث النوع والبيئة والوظيفة، فالسد يحتاج إلى مساحة محددة ذات خصائص معينة ضمن مجرى النهر ووادیه في حين يحتاج الخزان إلى مساحة واسعة على جانبي النهر وذات صفات معينة، أي لكل واحد منهما شروط معينة وهذا سيتم توضحيه فيما يأتي:

أ – مواضع السدود:

إن اختيار الموضع المناسب لبناء السد يحتاج إلى دراسة دقيقة وشاملة، فأي خطأ في المعلومات المعتمدة في بناءه ستكون نتائجها وخيمة وربما تتسبب في انهياره والذي

ينتج عنه خسائر مادية وبشرية، ومن الجوانب الواجب مراعاتها ما يأتي:

١ - جيولوجية الموضع:

تعد نوعية الصخور التي يقام فوقها السد والذي يتكون من كتلة كونكريتية ثقيلة الوزن من الجوانب التي يجب مراعاتها عند اختيار مواضع السدود، والتي تعتمد صلابتها وضعفها على خصائصها الفيزيائية والكيميائية، كما يكون لميل الطبقات وطبيعة أسطح التطبيق وما تتضمنه من طيات وصدوع وفواصل وتشققات والتي تؤثر على إقامة السد، وتعد صخور الجرانيت والنايس من أفضل أنواع الصخور ملائمة لبناء السدود الكبيرة، في حين تعد صخور الطفل أقل الصخور صلابة وغير ملائمة لبناء السدود الثقيلة.

أما الصخور التي تحتوي على صدوع وكسور وطيات وفواصل فتكون ذات مخاطر كبيرة على السدود التي تقام فوقها عندما تسمح للمياه بالتسرب من تحت السد فتؤثر على استقراريته، إذ تعمل تلك المياه على تعرية وإذابة الصخور، وبمرور الزمن تزداد كمية المياه المتسربة وربما تصل إلى حد تسبب انهيار السد، وهذه أحد الأسباب التي أدت إلى انهيار سد بلدوين في جنوب كاليفورنيا سنة ١٩٦٣ حيث أدت الشقوق إلى حدوث انزلاقات زادت من توسعها وحولتها إلى مسارات لتسرب المياه بكثرة فزادت عمليات التعرية الجوفية حتى ضعفت قدرة تلك الصخور على التحمل فانهار السد. ولذلك يفضل أن تبنى السدود بشكل لا يتقاطع مع خطوط الانكسارات وتكون موازية لها(٥).

وفي حالة وجود تكوينات ضعيفة فوق صخور القاعدة فإن بناء السد في مثل تلك المناطق يتطلب إزالة تلك التكوينات وبكميات مساوية لحجم السد.

ومن الجوانب التي تؤثر على السد تعاقب تكوينات صلبة وهشة والتي تسهل عملية تشرب المياه من خلالها ومن ثم إضعاف قوة تماسها، وقد تتعرض الهشة إلى التجوية والتعرية فتبقى الصلبة معلقة ولا ترتكز على شيء فتتعرض إلى الانهيار عند حفر خنادق قرب تلك التكوينات، حيث يعمل ثقل السد على زيادة الضغط على الطبقات التي تحته والتي ربما يترتب عليها إنزلاق الطبقات الصلبة فوق الهشة. ويزيد من احتمال حدوث ذلك تسرب المياه من الطبقة الهشة وقد يكون لنوعية الصخور أثر في ذلك فإذا كانت متورقة فيجب عدم قطع تلك الصخور باتجاه مجرى النهر، إذ يتسبب ذلك في زيادة احتمال

الانزلاق وتسرب المياه من الأسطح التي تقع تحت السد فيتعرض إلى مشاكل، لذا يفضل أن يكون قطع تلك الصخور بشكل موازي للسد[٦]. ويمكن الحد من ظاهرة تسرب المياه من تحت السد من خلال اتخاذ الإجراءات الآتية:

أ - حفر خنادق عميقة أمام السد وتملأ بمواد تمنع التسرب، أو حقن المنطقة التي تحدث فيها هذه الظاهرة إذا كانت على نطاق محدود بمادة اسمنتية أو اسفلتية.

ب - حفر خنادق وراء السد تقوم بتصريف المياه المتشربة من تحت السد إلى النهر.

جـ - إقامة ستائر أو حواجز عمودية تحت السد والخزان على هيئة جدران مستعرضة أو ركائز من الإسمنت أو القير[٧].

٢ - مستوى المياه الجوفية:

يؤدي وجود المياه الجوفية على مستوى عال إلى حدوث انزلاقات وانهيارات، وهبوط في الأرض عند ارتفاع وانخفاض تلك المياه بشكل سريع ومفاجئ، وهذا ما أدى إلى انهيار سد فايونت في إيطاليا عام ١٩٦٣ والذي يعد من أسوء كوارث انهيار السدود في العالم لما نتج عنه من خسائر بشرية ومادية ذهب ضحيتها ٢٦٠٠ شخص(٨).

٣ - الضغط المسلط على السد:

يتعرض السد إلى ضغط من مصادر عدة منها ما يأتي:

أ - قوة ناتجة عن وزن حائط السد.

ب - قوة ضغط المياه أمام السد والتي يزداد ضغطها مع زيادة انحدار أرض الخزان نحو السد.

جـ - قوة ضغط الترسبات التي تجلبها المياه وتترسب أكبر كمية منها عند السد.

د - قوة ضغط الثلوج في المناطق الباردة والتي تكون أكبر من قوة ضغط المياه.

هـ - تأثير الحركات الأرضية والزلازل والبراكين.

و - أثر المياه المتسربة من أسفل وجوانب السدود[٩].

٤ - المناخ السائد في الموقع:

يؤثر المناخ على السدود وخاصة في المناطق ذات التطرف الكبير في درجات الحرارة

إذ تعمل على تشقق جسم السد وخاصة من الجهة الأمامية وتزداد مخاطر ذلك عندما تسهم الحرارة المنبعثة من باطن الأرض التي يقع فوقها السد في انتشار تلك الشقوق في أجزاء مختلفة من السد فتساعد على دخول المياه في جسمه فتؤدي إلى إذابة وتآكل بعض المواد التي يتكون منها فتقلل من قوته ومتانته، كما يؤثر التساقط بأنواعه.

وقد تتظافر عدة عوامل في التأثير على السد وتؤدي إلى إنهياره وهذا ما حدث لسد كولوميت المشيد على نهر بالموكوبك والذي أنهار عام ١٩٧٢ فتسبب في تدمير ٤٠٠٠ دار سكنية ومقتل ١١٨ شخصاً مع خسائر مادية بلغت ٥٥ مليون دولار، عندما تعرض إلى موجة فيضان عالية بلغت ٦ م وبسرعة ٨ كم/ ساعة نتيجة لسقوط الأمطار وذوبان الثلوج، كما كان السد ذو خصائص سيئة منها ما يلي:

أ - قلة الطاقة الاستيعابية للخزان أمام السد.

ب - عدم وجود قناة لتصريف المياه الزائدة عن طاقة السد.

جـ - تسرب كميات كبيرة من المياه أسفل السد والتي أضعفت من استقراريته.

د - تشبع جسم السد بالماء مما أدى إلى قلة تماسك مكوناته وإضعاف قوته.

هـ - قلة تماسك مكونات السد الحاوية على التربة العضوية (الفحمية) والطينية والطفل والتي تحولت إلى مواد ضعيفة الاستقرار[١٠].

ب - مواضع الخزانات:

إن اختيار الموضع الملائم للخزانات يتطلب مراعاة ما يأتي:

١ - الوضع الطوبوغرافي في المنطقة التي تم اختيارها لخزن المياه والحوضية الشكل بحيث تحيط بها حافات مرتفعة من معظم جهاتها وتكون ذات انحدارات معتدلة للحد من حدوث انهيارات وانزلاقات وعمليات تجوية وتعرية في تلك الحافات والتي تنعكس آثارها على خزن المياه. كما تحدد المواضع المنخفضة والأودية التي تحتاج إلى انشاء سداد ترابية بمستوى الحافات المرتفعة لمنع انتشار المياه على مساحات واسعة خارج المنطقة المرشحة لخزن المياه وزيادة الطاقة الاستيعابية للخزان.

وتفضل المناطق الخالية من التلال والهضاب التي تقلل من القدرة الاستيعابية للخزان وتساعد على زيادة الترسيب في تلك المنطقة، ويكون تأثير تلك المظاهر قليلاً عندما يكون موقعها عند أطراف الخزان.

كما تفضل المناطق التي لا يكون منسوبها مرتفع كثيراً عن الأرض المجاورة خاصة إذا كانت زراعية أو سكنية وذلك لرفع مناسيب المياه الجوفية في تلك المناطق فتؤثر على الإنتاج والعمران، وقد لا تظهر الآثار في البداية بل بعد فترة من الزمن عندما تعمل الرواسب التي تجلبها المياه على رفع قاع الخزان إلى مستوى يؤدي إلى رفع مناسيب المياه إلى مستوى أعلى مما كان عليه فترتفع مناسيب المياه الجوفية إلى حد تغطي فيه سطح الأرض، وهذا ما حدث في المناطق الواقعة شمال بحيرة الحبانية في العراق والتي أدت إلى ارتفاع نسبة الملوحة بحيث تحولت معظم الأراضي إلى أرض غير زراعية، كما أضطر السكان إلى ترك تلك المواقع والسكن عند حافة الهضبة المرتفعة.

٢ - التكوينات السطحية وتحت السطحية:

تؤثر التكوينات السطحية والتي تحتها على طبيعة خزن المياه من حيث نوعية وانتشار تلك التكوينات وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، وتمثل نقاط التقاء التكوينات السطحية وتحت السطحية منطقة ضعف ترتكز فيها عمليات التجوية والإذابة لاختلاف التراكيب الكيميائية والفيزيائية لتلك التكوينات، والتي يعتمد عليها تسرب المياه أو الاحتفاظ بها، ولغرض زيادة الإيضاح سيتم تناول تلك التكوينات كل على حدة:

أ - طبيعة التكوينات السطيحة:

تتباين التكوينات السطحية من مكان لآخر وحتى ضمن الموقع الذي تم اختياره لخزن المياه، وقد يكون بعضها صماء وغير نفيذه في حين تكون نفيذة في أماكن أخرى وذات ترسبات هشة كالتكوينات الرملية والحصوية والعضوية، أو تكون صخرية ذات شقوق وفواصل، إذ تسهم جميع التكوينات بتسرب كميات كبيرة من المياه المخزونة إلى باطن الأرض. كما يكون للتركيب الكيميائي لتلك التكوينات آثاراً على نوعية المياه نتيجة لتحلل وذوبان بعض المعادن والتي تغير خصائص المياه، خاصة ذات المركبات الحامضية أو الفحمية التي تعمل على تلوث المياه، لذا يجب معالجتها إذا كانت محدودة المساحة والسمك أما بطمرها أو إزالتها، حيث يمكن تغطيتها بطبقة من الطين أو المطر أو الرمل بسمك لا يقل عن ٥٠ سم(١١) أما إذا كانت سميكة وواسعة الانتشار وآثارها كبيرة فيفضل تركها والبحث عن موقع بديل. أما نفاذية التكوينات السطحية فيمكن معالجتها إذا كانت على

نطاق محدود عن طريق الترسبات النهرية التي تؤدي إلى ملء المسامات والشقوق وتكوين طبقة تقلل من تسرب المياه إلى أعماق الأرض، وفي حالة كون الطبقة السطحية عبارة عن صخور جيرية ذات مسامية ونفاذية عالية فيتم معالجتها من خلال تغطيتها بطبقة غير نفيذة أو حقنها بمواد تزيد من تماسكها وتقلل من مساماتها.

ب - التكوينات تحت السطحية:

لا تقل أهمية تلك التكوينات عن السطحية في اختيار الموضع الملائم لخزن المياه، حيث يتوقف على طبيعة الطبقة الصخرية من حيث صلابتها وتركيبها الكيميائي ونفاذيتها مدى صلاحية تلك المنطقة لخزن المياه والمشاكل القائمة والمتوقعة، فقد تكون طبقة صلبة قليلة النفاذية في هذه الحالة لا توجد مشكلة، ولكن إذا كانت من الصخور الرسوبية بأنواعها المختلفة والتي تتباين هي الأخرى في صلابتها إذ تكون الجيرية منها والجبسية والملحية لها القابلية على الذوبان بالماء، أو تتضمن شقوق وفواصل تسهم في تسرب المياه إلى باطن الأرض، وقد تكون على نطاق واسع بحيث يصعب معالجتها مثل ما حدث في موضع خزان مكملان في الولايات المتحدة والذي تسبب في فشل المشروع بسبب تسرب معظم المياه المخزونة إلى باطن الأرض.

ولذلك لا يمكن الاعتماد على الطبقة السطحية فقط في اختيار الموضع الملائم لخزن المياه وربما تكون الطبقة السطحية ذات مسامية إلاّ أن التي تحتها كتيمة فيمكن الاستفادة منها.

وعليه تفضل المناطق التي تكون قليلة الصدوع والكسور والقنوات المدفونة المملوءة بالرواسب وذات التركيب المعدني غير القابل للذوبان بالماء، وان وجدت بعض المعوقات يمكن معالجتها من خلال حقنها بمادة تقلل من مساميتها أو وجود شقوق على نطاق محدود أيضاً يمكن معالجتها، إلا أن بعض الظواهر قد لا يعير لها البعض أهمية ولكنها ذات مخاطر كبيرة مثل الأودية النهرية المدفونة في ارض الخزان والتي تؤدي إلى حدوث تشققات في قاعه فتعمل على تسرب المياه فتقلل من قدرته الاستيعابية[١٢].

٣ - طبيعة انحدار السطح وميل الطبقات:

تفضل المناطق القليلة الانحدار في مواضع الخزانات والتي يكون فيها المجرى معتدل الانحدار والسرعة، أما ميل الطبقات الذي يتخذ أوضاعاً مختلفة فقد يكون متوافق ميل

الطبقات السطحية والتي تحتها وفي بعض الأحيان يكون متعاكساً، وفي مواضع الخزانات تفضل المناطق ذات الامتداد الأفقي غير المائل مع المجرى أو باتجاه معاكس لاتجاه الجريان لتخفيف الضغط المسلط على السد وزيادة كمية المياه المخزونة وذلك لارتفاع مناسيب المياه أمام السد دون أن تشكل خطراً عليه لقلة ميل الأرض نحوه .

٣ - مشاكل السدود والخزانات المقامة على الأنهار:

إن الغرض الرئيسي من إنشاء السدود والخزانات على مجاري الأنهار للسيطرة على مياه الفيضانات والتخلص من أخطارها في المناطق الواقعة بعد السد والاستفادة من المياه المخزونة في مجالات عدة ومنها توليد الطاقة الكهربائية، لذلك تسابقت الدول على إقامة السدود على الأنهار المارة في أراضيها لتحقيق المنافع دون النظر إلى ما سيظهر من مشاكل، وخاصة السدود التي تقام على مجاري الأنهار الرئيسية، وربما تكون كلف معالجة تلك المشاكل تفوق المنافع ومنها ما يأتي:

أ - تغير شكل المجرى بعد السد: تعمل السدود على حجز المياه أمامها وتعمل على تنظيم كمية التصريف بعد السد لذلك يتغير نظام الجريان في هذا الجزء من المجرى والذي تنعكس آثاره على العمل النهري من تعرية ورساب ونقل التي يزداد نشاطها بارتفاع كمية التصريف ويقل بانخفاضه، لذا تنشط في مواسم الفيضان وتضعف في التصريف الاعتيادي.

وبما أن السد يتحكم بكمية المياه المنصرفة في النهر بعد السد والتي تكون بكميات متقاربة لذا ضعف عمل النهر فأنعكست آثاره على شكل المجرى، فقد تكون المياه المنصرفة سريعة الجريان في البداية إلا أن سرعتها تأخذ بالإنخفاض بالابتعاد عن السد، وتكون السرعة بطيئة في المناطق التي يقل فيها الانحدار ويتسع فيها المجرى ويقل عمقه ومناطق وجود المنعطفات فيؤدي ذلك إلى ترسيب ما تحمله المياه بشكل تدريجي الرواسب الخشنة والمتوسطة والناعمة التي تستمر مسافة أطول لخفة وزنها، وقد أسهم ذلك في رفع قاع المجرى بمرور الزمن وظهور الجزر وعلى نطاق واسع في المجرى وذلك لضعف قوة الجريان وعدم قدرته على جرفها كما كان في السابق قبل أن يتدخل الإنسان في شؤون النهر حيث كانت تظهر الجزر في مواسم انخفاض التصريف وتختفي في مواسم ارتفاعه

عندما تكون المياه عالية المناسيب سريعة الجريان فينشط العمل النهري وتزداد القدرة على التعرية، وعليه استقرت الجزر في مجرى النهر بعد السد والتي ساعد نمو النباتات عليها إلى ثباتها حيث تعمل جذورها على تماسك التربة في حين تعمل السيقان على تخفيض سرعة الجريان وزيادة الترسيب فوق الجزر وحولها مما أدى إلى ارتفاعها وتوسعها، ولذلك اتخذت الجزر اوضاعاً متباينة منها بشكل متوالي الواحدة بعد الأخرى أو بشكل متوازي وتفصل بينها قنوات صغيرة فيتحول النهر إلى ضفائري الشكل، كما تتخذ أشكالاً متنوعة دائرية أو مغزلية أو طولية وهذا الشكل لا يكون ثابتاً بل في تغير مستمر تحت تأثير عمليات التعرية والإرساب، ومساحتها غير ثابتة أيضاً فالجزر التي تتعرض إلى التعرية مع قلة الإرساب تقل مساحتها والتي تتعرض إلى ترسيب عال مع قلة التعرية تزداد مساحتها، وفي البعض الآخر يحدث توازن بين التعرية والترسيب فتحافظ على مساحتها.

وقد يؤدي الترسيب المستمر إلى التحام الجزرة بالضفة القريبة منها فتعمل على انعطاف النهر في تلك المنطقة، كما تعمل الجزر على تركز التعرية في ضفة والترسيب في الجهة المقابلة، وكل ذلك يغير من شكل المجرى من حيث انعطافه وتقدم وتراجع الضفاف وكثرة الجزر، أي يمر النهر في مراحل مورفولوجية تختلف من فترة لأخرى.

ب - ارتفاع نسبة الملوحة: يؤدي حجز المياه أمام السد إلى انتشارها على مساحة واسعة من الأرض المحيطة بالمجرى والتي تختلف في تركيبها المعدني إذ يحتوي بعضها على معادن لها القابلية على الذوبان بالماء والتي تعمل على ارتفاع نسبة الملوحة في تلك المياه، كما يسهم التبخر في زيادة تركز الملوحة ويرتبط ذلك بسعة المساحة التي تغمرها المياه وطبيعة المناخ السائد، وتظهر هذه الحالة في السدود التي تقام على مجاري الأنهار في المناطق الجافة كما هو الحال في الفرات والنيل ففي نهر الفرات ارتفعت نسبة الأملاح ثلاثة أضعاف ما كانت عليه قبل إنشاء السد، جدول رقم (٨).

ويظهر ذلك من خلال المقارنة بين نسبة الملوحة عام ١٩٨٥ قبل إنشاء السد و ١٩٩٣ بعد إنشاء السد حيث ارتفعت درجة التوصيل الكهربائي من ٦٦٦ مليموز إلى ١٥٤٠ مليموز والأملاح الذائبة من ٤٤٠ جزء بالمليون إلى ١٢١٨ جزء والكالسيوم من ٤٨ جزء إلى ١٣٦ جزء وهكذا بقية العناصر[٣١].

جدول رقم (٨) مقارنة نسبة الملوحة بين عامي ١٩٨٥ و ١٩٩٣ في نهر الفرات عند سدة الرمادي بتاريخ ٤/١٥ من تلك السنتين:

التوصيل الكهربائي ECX (مليون)		املاح ذاتية T.SS (جزء بالمليون)		كليسوم Ca (جزء بالمليون)		مغنيسوم Mg (جزء بالمليون)		كلوريدات CL (جزء بالمليون)		كبريتات S^0_4 (جزء بالمليون)		عسره كليه T.H (جزء بالمليون)	
١٩٨٥	١٩٩٣	١٩٨٥	١٩٩٣	١٩٨٥	١٩٩٣	١٩٨٥	١٩٩٣	١٩٨٥	١٩٩٣	١٩٨٥	١٩٩٣	١٩٨٥	١٩٩٣
٦٦٦	١٥٤٠	٤٤٠	١٢١٨	٤٨	١٣٦	١٢	٦٨	٨٦	٢٤٤	١٧٣	٣٤٢	٢٩٥	٥٩٢

المصدر: خلف حسين علي الدليمي، وادي نهر الفرات دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراة مقدمة إلى كلية الآداب قسم الجغرافية جامعة بغداد ١٩٩٦، ص ١٤٤ .

وتعد هذه الظاهرة ذات مخاطر وآثار سيئة على الإنســان ونشاطاته المختــلفة ومنها ما يأتي:

١ - التأثير على صحة الإنسان خاصة وأن الأملاح مادة ذائبة في الماء ولا تترسب مثل المواد العالقة.

٢ - زيادة نسبة تركز الملوحة في التربة التي تسقى بتلك المياه فتعمل على تخفيض إنتاجيتها وبشكل يتناسب عكسياً تزداد الملوحة يقل الإنتاج.

٣ - تساعد الملوحة على سرعة نمو بعض النباتات الطبيعية لذا تنتشر بسرعة في المناطق الواقعة بعد السد مثل نباتي القصب والبردي اللذين يمثلان أهم مشكلة تعرقل عمل مشاريع البزل لنموها الكثيف والسريع في قنوات البزل.

٤ - التأثير على الآلات والمعدات التي تستخدم في تلك المياه مثل أجهزة التكييف وخزانات المياه والأنابيب المدفونة.

٥ - حجز كميات كبيرة من الرواسب التي تحملها مياه النهر أمام السد وعدما لسماح إلا لنسبة قليلة جداً منها بالانتقال بعد السد مع المياه المنصرفة فعلى سبيل المثال بلغت كمية الرواسب المحجوزة عند سد الفرات في العراق حوالي ٢١ مليون طن سنوياً وما يخرج منها بعد السد أقل من مليون طن ولهذه العملية آثاراً سلبية كثيرة منها ما يأتي:

١ - يؤدي تجمع الرواسب في أرض الخزان إلى رفع مستوى القاع فتشغل جزء كبير من مساحته فتقلل من طاقته الاستيعابية ومن عمره الزمني.

٢ - حرمان ملايين الهكتارات من الأرض الزراعية من تلك الرواسب التي تعمل على تحسين خصوبة التربة لما تحتويه من عناصر ومعادن مختلفة والتي تزيد من إنتاجية تلك الأراضي، كما تعمل تلك الرواسب على التخلص من الأعشاب والحشرات الضارة التي تطمرها تحتها، لذلك لا تحتاج مثل تلك الأراضي إلى أسمدة ومبيدات والتي تكون اضرارها كبيرة على البيئة والإنسان، إلا أنه بعد إنشاء السدود وحرمان الأرض من تلك الرواسب أضطر المزارعون إلى استخدام الأسمدة الكيميائية التي أدت إلى رفع نسبة الملوحة.

٣ - يمكن أن تستخدم في تسوية الأراضي ورفع مستوى المنخفضة منها في العديد من دول العالم من خلال غمر الأراضي المنخفضة بالمياه الكدرة التي تحمل كميات كبيرة من الرواسب وبصورة متكررة، وفي كل مرة ستضيف طبقة من الرواسب حتى يصل مستواها إلى مستوى الأراضي المجاورة، وتستخدم هذه الطريقة في دفن البحيرات الهلالية والمستنقعات(١٤).

د - نمو النباتات الغريبة:

أدى بناء السدود إلى نمو النباتات الطبيعية بصورة عامة ونباتات غريبة غير مألوفة بصورة خاصة، حيث وفرت منطقة خزن المياه البيئة الملائمة لنمو بعض النباتات التي لم تكن مألوفة من قبل والتي وصل انتشار بذورها إلى المناطق الواقعة بعد السد حيث تكون سرعة الجريان بطيئة لذا ساعدت على نمو تلك النباتات فوق الضفاف والجزر ومن ثم انتقلت إلى الأراضي الزراعية والتي انعكست آثارها على الإنتاج الزراعي سواء من خلال نموها وانتشارها بشكل كثيف بحيث لا يسمح للمحاصيل الزراعية بالنمو وحتى أن نمت ستكون ضعيفة لقلة العناصر التي تحتاجها في التربة والتي امتصتها النباتات الغريبة، أو التأثير على المحاصيل عن طريق الالتفاف حولها والتغذي عليها أو التسلق عليها وإضعاف نموها.

هـ - انخفاض الطاقة الاستيعابية للمجرى:

يؤدي وجود الجزر وكثرة الترسبات في قاع المجرى إلى رفع مستوى القاع فتنخفض

طاقة المجرى الاستيعابية من المياه والتي يترتب عليها رفع مناسيبها عند حدوث الفيضانات إلى مستوى يعلو الأراضي المجاورة فتحدث ظاهرة النزيز التي تعمل على تدمير الأبنية والمنشآت والطرق وقنوات الري التي تقع تحت تأثيرها.

و - التأثير على محطات الري:

تتأثر مشاريع الري المقامة على الضفاف بالترسبات والجزر التي تحدث أمامها والتي تحول دون وصول المياه إلى تلك المحطات لذا تعالج المشكلة إما بنقل المضخات إلى الضفة الجديدة قرب المجرى أو حفر قناة لضمان وصول المياه إليها.

ز - عدم صلاحية المجرى للملاحة أو النقل المائي لضحالة المياه وكثرة الجزر.

ر - توفير بيئة ملائمة لنمو الطحالب التي تحتاج إلى مياه راكدة وضحلة وهذا متوفر في الخزانات التي أدت إلى انتشار الطحالب والتي تعمل على تغير لون الماء فيكون مائل إلى الخضرة، كما أنها تنتقل مع المياه الخارجة من السد إلى المناطق الواقعة بعد السد فستقر عند المناطق الراكدة قرب الضفاف والجزر وأحواض محطات الري ومياه الشرب فتعمل على سد أنابيب ومصافي تلك المحطات لذا يجري تنظيفها بين فترة وأخرى.

ك - حجز أعقاب ومخلفات النباتات والحيوانات الميتة عند شواطئ الخزانات والتي تتعرض إلى التحلل والتفسخ مما ينتج عنها روائح كريهة تنعكس آثارها على طعم المياه فضلاً عن التلوث الذي يرافق ذلك.

حـ - زيادة نسبة الملوثات في النهر أسفل السد لتوسع المستوطنات القائمة على ضفاف النهر لزيادة عدد سكانها فتزداد نسبة ما تطرحه من مياه الصرف الصحي، وكذلك التوسع في النشاط الصناعي فتزداد فضلات المصانع فضلاً عن ما تطرحه مشاريع البزل من مياه مالحة، يقابل ذلك انخفاض كمية التصريف المائي بعد السد لذلك ترتفع نسبة التلوث في مياه النهر التي تؤثر على الإنسان ونشاطاته.

ن - تعرض بعض السدود إلى الانهيار لوجود خلل في بناءها فتسبب خسائر مادية وبشرية كبيرة.

٤ - الحلول المقترحة للحد من آثار السدود والخزانات:

أ - تحديد الغرض الرئيسي من إنشاء السد للخزن أم توليد الطاقة لاتخاذ الإجراءات

المناسبة لكل منهما، إذ يوجد تناقض بين الأثنين حيث يحتاج توليد الطاقة إلى الاحتفاظ بكمية من المياه على منسوب عال لتوفير ارتفاع كاف يعمل على تدوير المولدات الكهربائية، أما الخزن فيتم خزن المياه عند ارتفاع المناسيب وتصريفها عند انخفاضها لتهيئة الخزان للموجة اللاحقة من الفيضان.

ب - عدم إقامة السدود والخزانات على مجاري الأنهار الرئيسية لكثرة المشاكل المرافقة لها التي مر ذكرها، لذا تفضل الخزانات الطبيعية أي المنخفضات الواقعة على جوانب الأنهار مثل منخفضي الحبانية والثرثار في العراق، وفي حالة عدم توفرها يمكن عمل خزانات اصطناعية وذلك بحفر مساحة من الأرض في مواقع ومواضع ملائمة والتي يمكن التحكم بعمقها وسعتها حسب ما تتطلبه الحاجة.

جـ - الحد من تأثير الرواسب على الخزان من خلال عمل أحواض ترسيب أولية قبل دخول الخزان الرئيسي، شكل رقم (٨١ - أ) وفي حالة استغلال مجاري الأنهار وأوديتها للخزن فيمكن توسيع المجرى قبل الخزان الرئيسي فتنخفض سرعة الجريان فيزداد الترسيب وبذلك تقل كمية الرواسب الواصلة إلى الخزان الرئيسي شكل رقم (٨١ب) كما يمكن عمل مجاري مائية جانبية تخرج من المجرى الرئيسي وتعود إليه ثانية وتكون واسعة فتعمل على ترسيب كمية كبيرة من الرواسب قبل الوصول إلى الخزان، شكل رقم (٨١ جـ).

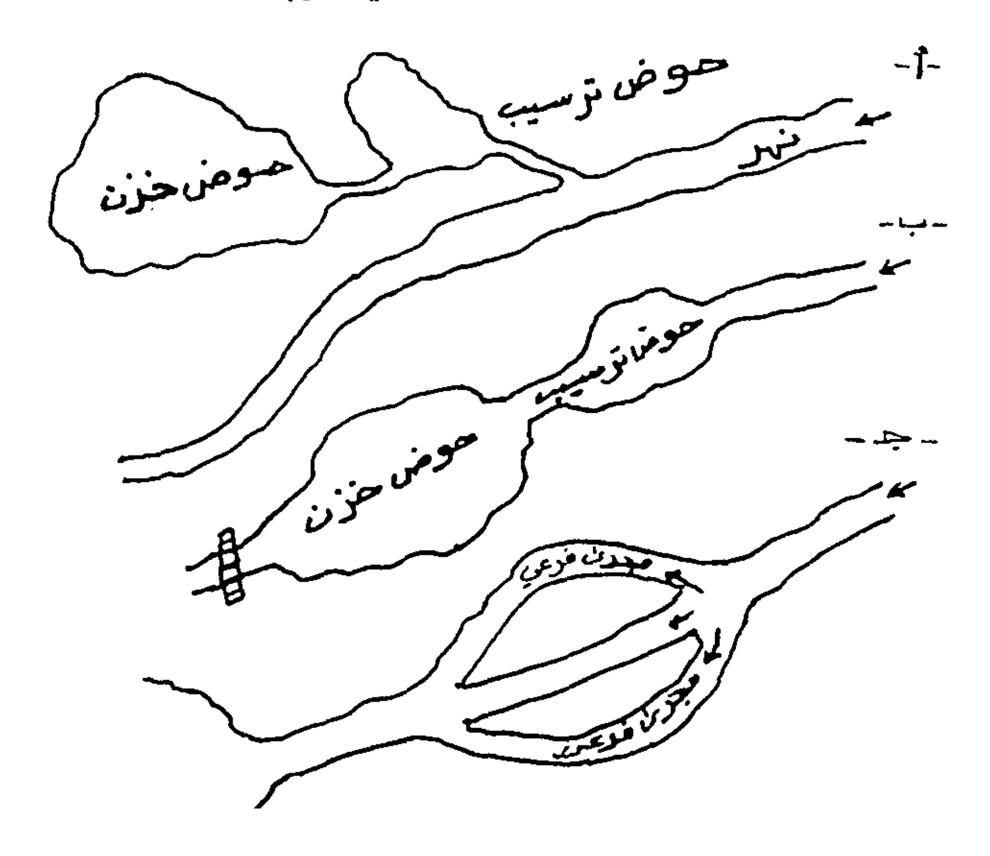
د - الحد من نمو الطحالب والحشائش والأدغال في الخزان من خلال تعميق المناطق الضحلة أو عمل سداد لمنع انتشار المياه على تلك المناطق.

هـ - كري مجاري الأنهار بشكل مستمر بعد السد لضمان استمرار الجريان بشكل منتظم والتخلص من الجزر والرواسب في قاع المجرى والتخلص من آثارها التي مر ذكرها.

و - التأكد من صلاحية الموقع والموضع لإنشاء السدود والخزانات من خلال التحري موقعياً عن طبيعة المنطقة وتكويناتها لأختيار الموضع الملائم.

ر - الاستفادة من المراكز البحثية في تقييم المشاريع التي تنوي الدولة القيام بها ومنها الجامعات إذ يتم عقد ندوات حول المشروع للوقوف على الايجابيات والسلبيات من خلال الأفكار التي يدلي بها الباحثون فتقلل السلبيات وتزداد المنافع.

شكل رقم (٨١) أحواض ومجاري ترسيب



ب - مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأودية الجافة:

تختلف السدود التي تقام على الأودية الجافة عن التي تقام على مجاري الأنهار إذ تكون الأولى احتجازية، أي حجز المياه أمامها فقط. في حين تكون الثانية احتجازية تنظيمية، أي تحجز المياه وتنظم تصريفها إلى المناطق الواقعة بعد السد، لذلك تكون أكثر كلفة وتعقيداً من الأولى.

ومن أنواع السدود التي تقام على الأودية الجافة في المناطق الصحراوية هي السدود الأرضية الترابية التي مر ذكرها.

ويعتمد اختيار مواقع ومواضع تلك السدود على جوانب عدة جيومورفولوجية وجيولوجية وهيدرولوجية. وبعض تلك المعلومات مشابهة للذي تم تناوله في مواضع السدود والخزانات على مجاري الأنهار، إلا أنها اتنفرد في جوانب عدة عن السابقة، ومن

الجوانب التي يتم اعتمادها في اختيار مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأودية الجافة ما يأتي:

١ - معلومات جيومورفولوجية:

يعد الوضع التضاريسي للمنطقة من العوامل المهيمنة على طبيعة التصريف عند سقوط الأمطار، لذا تتطلب دراسة مورفومترية ووصفية لعناصر عدة منها ما يأتي:

أ - حوض الوادي: ويمثل المساحة التي ترد مياهها إلى الوادي عند سقوط الأمطار والذي تم توضحيه في الفصل الخامس، حيث يعتمد ذلك على عدد الأودية وأطوالها التي تنقل المياه من أرجاء الحوض إلى الوادي، فكلما زاد عددها وأطوالها أسهمت في نقل أكبر كمية من مياه الأمطار الساقطة على الحوض إلى الوادي، وبالعكس، ولذلك تعد من العناصر المهمة في تقرير مواقع السدود والخزانات وعددها. ومن الجوانب الأخرى المؤثرة في ذلك طوبوغرافية الحوض، إذ يزداد التصريف مع ارتفاع أطراف الحوض وإنحدارها نحو الوادي حيث تقل الضائعات المائية.وبالعكس، كما يتأثر التصريف بطبيعة التكوينات السطحية ومساميتها وخاصة في المناطق البطيئة الانحدار، أما الشديدة الانحدار لا تعطي الفرصة للمياه للتسرب في باطن الأرض لسرعة الجريان.

ب - رسم مقاطع طولية وعرضية للوادي لتحديد أفضل المناطق ملائمة لإنشاء السدود وخزن المياه بحيث تكون معتدلة أو بطيئة الانحدار وذات مقطع عرضي ضيق.

جـ - الطول الحقيقي والمثالي للوادي والذي يوضح مدى تعرجه حسب ما يتضمنه من التواءات والتي تزيد المسافة التي تقطعها المياه الجارية والزمن الذي يستخرجه من مكان لآخر فتزداد نسبة الضائعات المائية لمرورها فوق مساحة أكبر وتعرضها لعناصر المناخ لفترة أطول، فتعمل الأولى على تسرب كمية أكبر من المياه وتسهم الثانية في زيادة نسبة التبخر.

د - طبيعة العمليات الجيومورفولوجية التي تحدث في الحوض عامة والوادي خاصة مثل التعرية والتجوية والارساب والانهيار والتي تنعكس آثارها على السد والخزان وكمية ونوعية المياه، فقد تعمل التعرية على جرف كميات كبيرة من الرواسب تتجمع في

موضع الخزان فتقلل من طاقته الاستيعابية، في حين تعمل التجوية على تفكك التكوينات السطحية فتسهل عملية إذابتها وتعريتها عند سقوط الأمطار، والتي قد تؤثر على السد وتقلل من متانته بمرور الزمن.

٢ - التكوينات السطحية وتحت السطحية:

تعد تلك التكوينات ذا أهمية كبيرة في إنشاء السدود والخزانات وقد يوجد تشابه في نوعية التكوينات المطلوبة لإقامة السدود والخزانات على الأنهار والأودية الجافة رغم وجود اختلاف بينهما في جوانب عدة منها:

أ - تكون الخزانات على الأنهار أوسع مساحة وأكبر استيعاباً وتشغلها المياه باستمرار، في حين تكون الخزانات على الأودية الجافة أقل مساحة واستيعاباً وتشغلها المياه في مواسم معينة، لذا تكون مواضعها أقل تعقيداً من الأولى.

ب - يعتمد بناء السدود على الأنهار على طبيعة التكوينات تحت السطحية في حين تعتمد الثانية على التكوينات السطحية، لذلك اختيار مواضعها أسهل من النوع الأول.

جـ - تكون السدود المقامة على الأنهار أكبر حجماً وأثقل وزناً من السدود المقامة على الأودية.

د - يرتبط بالسدود المقامة على الأنهار منشآت عدة لأنها احتجازية تنظيمية في حين لا يرتبط بسدود الأودية إلا محطات ضخ لأنها احتجازية فقط.

٣ - النظام الهيدرولوجي:

إن الوضع الهيدرولوجي في المناطق الجافة يعتمد على طبيعة المناخ السائد في المنطقة من حيث طبيعة التساقط بأنواعه والحرارة والرياح، فالتصريف يعتمد بالأساس على التساقط، أما الحرارة والرياح فهي عناصر مؤثرة على التصريف، لذا سيتم تناول تلك العناصر كل على حدة وكما يأتي:

أ - الأمطار:

تعد الأمطار المصدر الأساسي للمياه في المناطق الجافة والتي على ضوئها يتقرر إنشاء سد أم لا، لذا تتم دراستها بدقة ومن جوانب عدة منها ما يأتي:

١ - معدلات الأمطار الساقطة خلال السنة وفصول تساقطها، وذلك بالرجوع إلى بيانات

التساقط في السنوات السابقة ولفترة زمنية طويلة لا تقل عن ٣٠ سنة لمعرفة أعلى وأقل المعدلات والتي على ضوئها تقدر كمية المياه المحتمل تجمعها في السنوات المطيرة والجافة، والتي تتأثر بعوامل جيومورفولوجية وجيولوجية ومناخية.

٢ - غزارة الأمطار وشدتها خلال فترة التساقط وتكون خلال اليوم الواحد سواء لفترة قصيرة أقل من ساعة أو عدة ساعات أو يوم كامل. ويتم حساب ذلك من خلال قسمة كمية الأمطار الساقطة على الفترة التي سقطت خلالها بالساعات أو الدقائق.

٣ - التغير في كميات الأمطار الساقطة، وهي النسبة المئوية بين الزيادة أو النقصان في التساقط ومعدله السنوي العام، وكلما كانت النسبة المئوية كبيرة دلت على أن التغير كبير في سقوط الأمطار سالب أو موجب، ويكون وفق المعادلة الآتية:

$$\text{معدل التغير في التساقط} = \frac{\text{متوسط الزيادة أو النقصان في التساقط عن المعدل السنوي العام}}{\text{المعدل السنوي العام}} X ١٠٠$$

ومن خلال ذلك يمكن توضيح اتجاه معدلات المطر نحو الزيادة أم التراجع[١٥].

٤ - القيمة الفعلية للأمطار أو ما يسمى بمعامل الجفاف ويكون وفق معادلة دي ما رتون الآتية:

$$Y = \frac{P}{T+10}$$

P - معدل الأمطار السنوي.

T - المعدل السنوي لدرجات الحرارة.

وعلى ضوء النتائج تحدد طبيعة المناخ السائد من حيث الرطوبة والجفاف وكما يلي:

معدل الجفاف	نوع المناخ
أقل من ٥	مناخ جاف
٥ - ١٠	مناج شبه جاف
١٠ - ٢٠	مناخ شبه رطب
٢٠ - ٣٠	مناج رطب
أكثر من ٣٠	مناخ رطب جدا[١٦].

ب - الحرارة:

يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة نسبة التبخر من المياه المتجمعة أمام السد،

كما تؤثر على الأمطار الساقطة حيث يتبخر قسم منها عند وصولها إلى الأرض مباشرة وبعض منها يتبخر عند جريانها في الأودية، فتزداد نسبة المفقود من مياه الأمطار بسبب الحرارة.

جـ - الرياح:

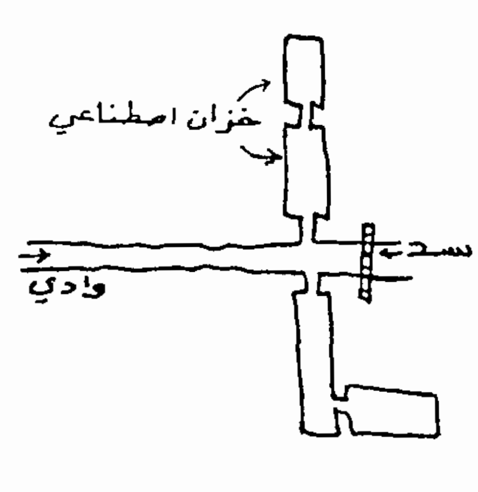
تتميز الرياح في المناطق الصحراوية بسرعتها لقلة المعوقات والمصدات التي تعترضها لذلك تؤدي إلى زيادة نسبة التبخر من المياه المتجمعة والأمطار في أثناء سقوطها قبل أن تصل إلى الأرض، حيث تعمل الرياح على تمزيقها إلى قطرات صغيرة يحملها الهواء معه، ويزداد تأثير الرياح على المياه المتجمعة إذا كانت منتشرة على مساحة واسعة.

ولغرض الحد من مشكلة التبخر يمكن اعتماد التدابير الآتية:

١ - زرع أشجار طويلة وكثيرة الفروع حول الخزان لتقليل أثر الحرارة والرياح، إذ تقلل من كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى الخزان وتخفض من سرعة الرياح عند مرورها فوق الخزان.

٢ - حفر خزانات اصطناعية عميقة وضيقة أمام السد وعلى جانب واحد من الوادي أو على جانبيه حسب ما تقتضيه الحاجة، كما يمكن تغطيتها بأي مادة متوفرة يمكن استخدامها في هذا المجال، والمهم أن تكون الأرض صالحة للخزن، ويمكن إنشاء تلك الخزانات بشكل متتالي إذا كانت طبيعة الأرض تسمح بذلك وكمية المياه كافية، شكل رقم (٨٢).

٣ - استخدام المركبات الكيميائية التي تقلل من شدة التبخر من خلال رشها فوق سطح الماء مثل استيل الكحول (هكسا ديكانول) الذي يعد من أكفأ الموادا لتي تم استخدامها في خزان مساحته حوالي ٨٠٠



شكل رقم (٨٢) خزانات إصطناعية.

هكتار فانخفضت نسبة التبخر الى ٣٧٪ وبكلفة زهيدة حوالي واحد بنس لكل ٢٧٨٠ لتر ماء، علماً بأن تلك المادة لا تؤثر على الخواص العامة للماء من حيث الطعم والرائحة والتأثيرات البايلوجية(١٧).

ومن الجدير بالذكر أن تحديد مواضع السدود والخزانات على الأودية الجافة يتطلب دراسة لطبيعة الجريان المائي في الأودية موقعياً لمعرفة المنسوب الذي وصلته السيول الجارية في السنوات السابقة حتى وأن لم تتوفر محطات قياس لهذا الغرض، فمن خلال ما تتركه تلك السيول من آثار ناتجة عن التعرية أو الإرساب على ضفاف الأودية. وقد وضعت عدة معادلات لحساب الجريان في الأودية إلا أنها غير دقيقة لصعوبة التحكم بالعناصر المؤثرة في ذلك وصعوبة قياسها.

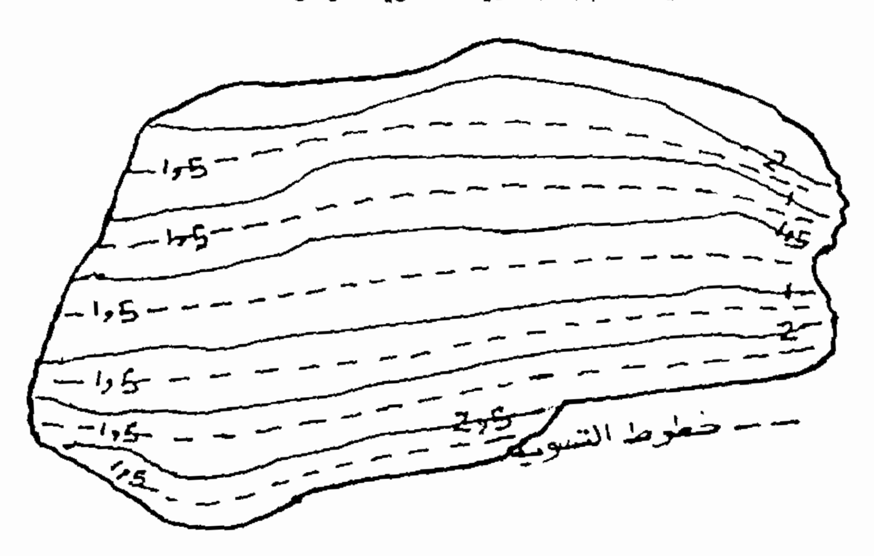
ثانياً: تخطيط قنوات الري والبزل واستصلاح الأراضي:

١ - المعلومات الجيومورفولوجية المعتمدة في تخطيط قنوات الري والبزل واستصلاح الأراضي:

أ - طبيعة سطح الأرض:

إن تخطيط قنوات الري والبزل لابد أن يكون بشكل يتفق مع طبيعة سطح الأرض من حيث الانحدار ونوع التضاريس وطبيعة انتشارها والتي يشكل بعضها عائقاً أمام إنشاء قنوات الري والبزل، لذا يستعان بخرائط طوبوغرافية للمنطقة لمعرفة طبيعة التضاريس فيها وتكون ذات فاصل رأسي صغير ما بين ١-٢م وبمقياس رسم كبير ما بين $\frac{١}{٥٠٠٠}$ و $\frac{١}{٢٥٠٠٠}$ والتي على ضوءها يتم إعداد خريطة لتسوية الأرض بتشكل يتناسب مع الانحدار العام حيث تتضمن الخريطة الجديدة خطوط كنتورية جديدة توضح طبيعة ما سيكون عليه انحدار الأرض بعد التعديل حيث تكون قيم تلك الخطوط في بعض المناطق منخفضة عن القيم الأصلية وهذا يعني أن المنطقة تحتاج إلى دفن في حين تكون مرتفعة في مناطق أخرى وهذا يعني أن المنطقة تحتاج إلى حفر، أي من خلال المقارنة بين الخطوط الأصلية والجديدة يمكن معرفة المناطق التي تحتاج إلى دفن والمناطق التي تحتاج إلى حفر. خريطة رقم (١٦).

خريطة رقم (١٦) خريطة تسوية الأرض



ومن الجدير بالذكر أن تعيين المناطق المرتفعة والمنخفضة لم يكن العامل الحاسم في مجال تسوية الأرض بل أن هناك جوانب عدة يجب مراعاتها عند استصلاح الأرض ومنها ما يأتي:

١ – عدم جرف التربة المالحة باتجاه التربة الصالحة للزراعة.

٢ – عدم إزالة التربة الهشة من فوق التربة الثقيلة أو جرف الثقيلة فوق الهشة فتقلل من خصوبة التربة.

٣ – عدم جرف التربة الرملية نحو التربة الخصبة الصالحة للزراعة.

٤ – عدم جرف التربة الكلسية إلى المزيجية.

٥ – عدم رفع طبقة التربة الرقيقة من فوق الصخرية.

ب – نوع التكوينات السطحية من حيث النسجة والمسامية والملوحة وهذه الناحية مهمة جداً في مشاريع الري والبزل وتحسين نوعية التربة وخصوبتها، وقد أهملت بعض الجهات المسؤولة عن استصلاح الأرض هذه الأمور ولذلك لم تحقق مشاريع الري والاستصلاح الهدف الذي كانت تطمح له وهو زيادة إنتاجية الأرض، ففي مجال التكوينات السطحية يجب مراعاة ما يأتي:

١ – نوعية التربة في المنطقة المراد استصلاحها، رملية، طينية، مزيجية، كلسية، عضوية،

ومواقع إنتشارها ويتم إعداد خرائط توضح ذلك.

٢ – طبيعة نسيج التربة ونفاذيتها.

٣ – ملوحة التربة وتحديد المناطق ذات الملوحة العالية.

٤ – سمك التربة.

٥ – مستوى المياه الجوفية في التربة.

إن ملاحظة هذه الجوانب لها أهمية كبيرة في عملية تسوية التربة وإعادة توزيعها بشكل يساعد على تحسين خواصها وخصوبتها، وعليه إن تسوية الأرض لا تعتمد على تخفيض المناطق المرتفعة ودفن المناطق المنخفضة بل يجب مراعاة ما يأتي:

أ – خلط التربة الرملية بتربة طينية لتحسين خواصها وزيادة خصوبتها، لذا يتم تعديل المرتفعة وتخفيضها وإضافة تربة طينية إليها، أما إذا كانت منخفضة فتضاف إليها تربة طينية مباشرة لتسويتها وتحسين خواصها.

ب – معالجة التربة الثقيلة التي تكون قليلة المسامية والنفاذية وضعيفة الإنتاج لشدة تماسكها، لذا إما تضاف إليها تربة رملية وخلطها معها أو تربة عضوية أو أسمدة عضوية تعمل على إضعاف تماسكها وزيادة مساميتها.

جـ – التخلص من الطبقة المالحة وعدم جرفها نحو المناطق المجاورة فتقلل من خصوبتها بل يجب رفعها إذا كانت مرتفعة ونقلها بعيداً عن الأرض الزراعية، وطمرها بطبقة من التربة الطينية إذا كانت المنطقة المالحة منخفضة.

د – المحافظة على الطبقة الهشة ذات السمك القليل من التربة التي تغطي الطبقة الصخرية، وإذا كانت ذات سمك قليل جداً فيمكن إضافة طبقة لها بحيث لا تقل عن ١٠ سم لتكون ملائمة لنمو النباتات والاحتفاظ بالرطوبة فترة أطول فتسهم في تحسين خواص التربة على المدى البعيد من خلال زيادة سمكها نتيجة لعمليات التحلل والتجوية التي تحدث في الطبقات التي تحتها.

هـ – تخفيض منسوب المياه الجوفية المرتفع في التربة والتي تعمل على إضعاف خصوبتها وذلك من خلال عمل قنوات بزل لتقوم بامتصاص تلك المياه ونقلها إلى أماكن أخرى.

٢ - أسس تخطيط قنوات الري والبزل واستصلاح الأراضي:

١ - تكون قنوات الري باتجاه انحدار الأرض الذي يجب أن يكون قليلاً ويكون السقي من الجهة المرتفعة إلى المنخفضة.

٢ - أن تكون القنوات التي تحمل المياه لسقي الأراضي الزراعية كتيمة لا تسمح بتسرب المياه إلى المناطق المحيطة بها والتي ينتج عنها الكثير من المساوئ منها:

أ - زيادة نسبة الضائعات المائية.

ب - ارتفاع مناسيب المياه الجوفية والملوحة في المناطق المجاورة.

جـ - انخفاض إنتاجية الأرض.

لذا يتم عمل تلك القنوات من مواد غير نفيذة أو مبطنة أو على شكل أنابيب، كما يتم عملها من قنوات كونكريتية تمتد فوق مساند كونكريتية أيضاً ترتكز على سطح الأرض وخاصة في المناطق التي لا تتوفر فيها تربة لعمل سواقي لمسافة طويلة.

٣ - مراعاة تأثير بعض المظاهر على مد قنوات الري والبزل مثل البحيرات الهلالية في السهول الفيضية والمستنقعات والتلال الصغيرة التي تعترض تخطيط المشاريع ويجب أن ينحرف اتجاه تلك القنوات عن المسار الحقيقي لتجنب تلك المعوقات والتي تزيد من طول تلك القنوات فترتفع تكاليف الإنشاء.

٤ - معرفة كمية الرواسب التي تحملها مياه النهر والتي تعد ذا أهمية كبيرة بالنسبة للأرض لزيادة خصوبتها، إلا أنها تعمل في نفس الوقت على طمر قاع قنوات الري فتقلل من طاقتها الاستيعابية وسرعة جريان المياه فيها. والتي يمكن التخلص منها عن طريق كريها بواسطة الآلات والمعدات المصممة لذلك، أو بالأساليب السهلة بواسطة قطعة خشب كبيرة يسحبها جرار فيحرك الرواسب مع المياه فتنقلها إلى الأراضي الزراعية.

٥ - عمل قنوات بزل تقطع الأراضي الزراعية وتكون على شكل شبكة تغطي جميع الأراضي وترتبط بمحطات ضخ لسحب تلك المياه وضخها في مجاري الأنهار، حيث تمتص تلك القنوات مياه الري الزائدة، وقد تستخدم الأنابيب الماصة في نقل المياه من الأرض إلى قنوات البزل الرئيسية والتي تدفن في التربة وتمتد بشكل منحدر نحو

القنوات الرئيسية. وقد يواجه عمل تلك المبازل مشاكل عدة منها ما يأتي:

أ - يؤدي تسرب المياه من الأراضي إلى قنوات البزل إلى ذوبان وتحرك الطبقات تحت السطحية مما يؤدي إلى انهيار الطبقة التي فوقها خاصة وأن ضفاف القناة تكون شديدة الانحدار، وهذه العملية تؤدي إلى عرقلة جريان المياه فترتفع مناسيبها فتؤثر على الأراضي المجاورة.

ب - تعد قنوات البزل بيئة ملائمة لنمو بعض النباتات الطبيعية وخاصة القصب والبردي والذي ينمو وينتشر بسرعة في تلك القنوات والذي يكون بكثافة عالية بحيث يعرقل جريان المياه في تلك القنوات، ورغم المحاولات الجادة للتخلص من تلك النباتات إلا أنها غير مجدية.

٦- عدم السماح للمواشي من الأبقار والأغنام بالرعي فوق الترب العالية الرطوبة والتي تؤدي إلى دك التربة وتشويه مساميتها وقلة نفاذيتها فتنعكس آثارها على إنتاجيتها.

٧ - زراعة الترب الثقيلة بمحاصيل الجت والبرسيم والرز لتحسين خصائصها وزيادة خصوبتها.

٨ - مكافحة النباتات الغريبة في الأراضي الزراعية بعدة طرق منها سقي الأرض عند موسم نموها وبعد نموها يتم القضاء عليها بالمبيدات الخاصة بذلك، أو حرث الأرض بنباتها وتركها تحت تأثير حرارة الشمس في الصيف.

٩ - عدم سقي الأراضي بشكل متتالي أي من لوح لآخر لأن ذلك يضعف من القدرة الإنتاجية للمساحات الأولية ويزيد إنتاجية الأخيرة، كما مر ذكره.

١٠- عدم استخدام أسلوب الري بالرش في المناطق ذات التربة العالية المسامية والمرتفعة الحرارة وذلك لتبخر جزء من تلك المياه وتسرب قسم أخر فتكون استفادة النبات محدودة من تلك المياه.

١١- استخدام أسلوب الري بالتنقيط في سقي الأشجار في المناطق الجافة على أن يكون تحت طبقة من التربة لغرض حماية المياه من التبخر واستفادة الأشجار منها.

١٢- معالجة حموضة التربة (PH) وذلك بإضافة تربة كلسية إليها لجعلها متعادلة والتي تعد من أفضل أنواع الترب.

مراجع الفصل السابع

١ - د. محمد عبد الرحمن الجناني؛ المنشآت الهيدروليكية، دار الراتب الجامعية، بيروت، ١٩٨٦، ص ٢٦٠ - ٢٦١ .

٢ - د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية، مصدر سابق، ص ٢٩٣ .

٣ - William D. thornbury; principle geomorphology, Johnwiley New York, 1954. P.578.

٤ - د. باقر كاشف الغطاء؛ علم المياه وتطبيقاته، جامعة بغداد، ١٩٨٢، ص ٢٧٩ .

٥ - أدور كيلر: الجيولوجيا البيئة، مصدر سابق، ص ٥٨٧ .

٦ - المصدر السابق، ص ١٠٠ .

٧ - م. جريشين وأخرون؛ الإنشاءات الهيدرولية ج١، ترجمة د. داود سلمان المنير، دار مير موسكو، ١٩٧٩، ص ١٢١

٨ - أدور كيلر؛ الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق ص ٣٢١ .

٩ - د. محمد عبد الرحمن الجناني؛ المنشآت الهيدروليكية، مصدر سابق، ص ٢٦١ .

١٠- أدور كيلر، الجيولوجيا البيئية، مصدر سابق، ص ١٦٤ .

١١- د. محمد يوسف وآخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق، ص ٣٤٧ .

١٢- د. عدنان النقاش وزميله، الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص ٦٣٤ .

١٣- خلف حسين علي الدليمي؛ وادي نهر الفرات، مصدر سابق، ص ١٤٤ .

١٤- E. B. Branson, Tarr. Keller; Introduction to geology, America, 1952. P. 121

١٥- د. محمود سعيد السلاوي؛ هيدرولوجية المياه السطحية، مصدر سابق، ص ١٠٧ .

١٦- المصدر السابق، ص ١٧٤ .

١٧- المصدر السابق، ص ١٧٦ .

١٨- د. محمد صبري محسوب وزميله؛ الخريطة الكنتورية، مصدر سابق، ص ٢٩٦ .

الفصل الثامن

دور الجيومورفولوجيا في البحث عن الموارد الطبيعية والمجال العسكري

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وأرسلنا الرياح لواقح فأنزلنا من السماء ماءً فأسقيناكموه وما أنتم له بخازنين ﴾

صدق الله العظيم

[الآية ٢٢ سورة الحجر]

تعد المعلومات الجيومورفولوجية ذا أهمية كبيرة في البحث من الموارد الطبيعية التي تمثل العنصر الأساسي للتنمية الاقتصادية في الدولة، كما يستفاد من تلك المعلومات في تخطيط المعارك العسكرية، لذا ستتم مناقشة كل منهما على حدة.

أولاً : البحث عن الموارد الطبيعية:

تمثل البيئة الطبيعية بأنواعها اليابسة والمائية، الحارة والباردة، مسرحاً للنشاط البشري بأنواعه المختلفة حيث تحدد المعطيات الطبيعية نوع النشاط البشري الذي يكن أن يمارسه الإنساني في ذلك المكان، والتي تكون أساس تطوره الحضاري.

ويقول فيكتور كنزن (Victor Cansin) (أعطني خريطة لدولة ما تتضمن معلومات وافية عن موقعها ومناخها ومائها وظاهراتها الطبيعية المختلفة ومواردها وإمكاناتها الطبيعية، فعلى ضوء لك يمكن معرفة نوع الإنسان الذي يمكن أن يعيش في مثل تلك الدولة، والدور التاريخي الذي يؤديه، وهذا لا يكن بالصدفة بل على أساس الضرورة التي تفرضها البيئة، وهذا لا ينطبق على فترة معينة من تاريخ حياة الدولة بل على كل تاريخ حياتها)[1].

فالموارد الطبيعية موزعة بشكل غير متوازن في أرجاء الكرة الأرضية لذا تكون دول غنية بمواردها ودول فقيرة، كما أن أماكن وجودها متباين بعضها قرب سطح الأرض والبعض الآخر في أعماقها وتحتاج إلى جهد كبير في سبيل الحصول عليها.

وعملية البحث عن تللك الموارد وتحديد مواقعها يحتاج إلى تحري موقعي، والاستعانة بكل الوسائل في سبيل ذلك، وكان للجيومورفولوجيا دوراً في التحقق من وجود تلك الموارد ومنها ما يأتي:

١ - البحث عن الرواسب المعدنية:

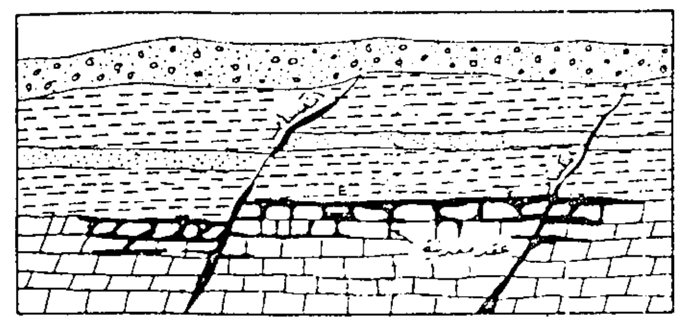
توجد المعادن في الطبيعية بأوضاع مختلفة وهذا له أهمية اقتصادية كبيرة، فوجودها في التكوينات السطحية من الأرض يساعد على استغلالها بسهولة، وقد تغطيها طبقة رقيقة من تلك التكوينات يمكن إزالتها ببساطة وبكلفة قليلة.

وقد توجد المعادن على أعماق كبيرة تحتاج إلى حفر انفاق طويلة وعميقة في سبيل الوصول إليها، رغم ما يكتنف تلك العملية من مخاطر وخسائر اقتصادية كبيرة إلا أن أهميتها وقيمتها الاقتصادية تدفع الإنسان إلى استغلالها، كما أنها توجد بشكل مبعثر

خلال الطبقات الصخرية وبكميات متباينة وقد يكون استغلال بعضها غير اقتصادي في بعض الأحيان لقلة ما متوفر منها.

وتتخذ المعادن أشكال مختلفة ضمن التكوينات الصخرية فبعضها على شكل طبقات والبعض الآخر على شكل عروق تمتد خلال الفواصل والكسور والشقوق التي تتضمنها الطبقات الصخرية شكل رقم (٨٣).

وعلى العموم تتخذ المعادن أوضاعاً غير منتظمة ضمن الصخور الرسوبية[٢] .ويتأثر توزيع المعادن في الطبيعة بعدة عوامل هي:



شكل رقم (٨٣)
أشكال وجود المعادن ضمن الطبقات الصخرية.

أ - نوع الصخور المتكونة في كل منطقة والتي تتباين في نوع المعادن التيتكون منها، فالصخور النارية تحتوي على معادن فلزية والرسوبية تحتوي على معادن لا فلزية.

ب - الزمن الجيولوجي الذي تكونت فيه الصخور، فلكل زمن خصائص معينة تنعكس آثارها على نوع المعادن التي تتكون خلال هذه الفترة.

جـ - حركات القشرة الأرضية التي تتعرض لها الطبقات الصخرية وما يصاحبها من عمليات التواء وانكسار والتي يترتب عليها حرارة وضغط تؤثر على البنية التركيب الجيولوجي للصخور.

د - عوامل التعرية المختلفة التي تعمل على كشف المعادن الموجودة تحت الطبقات التي تمت تعريتها، وقد يكون تأثيرها عكسياً حيث تغطي الرواسب التي تمت تعريتها بعض المكامن المعدنية، أو نقل كميات من الرواسب المعدنية من مكان لآخر[٣].

ولغرض البحث عن تلك الرواسب وتحديد مواقعها فيمكن الاستفادة من بعض الدلائل الجيومورفولوجية ومنها ما يأتي:

١ – طوبوغـرافيـة السطح: إن الاسـتـدلال على وجـود الرواسـب والعـروق المعـدنيـة يمكن التعرف عليها من خلال ما تتركه من آثار على الشكل الطوبوغرافي للمنطقة والتي تعطي صورة واضحة عن البنية الجيولوجية لتلك المنطقة والتي تسمح بتجميع الرواسب المعدنية خلالها.

٢ – وجـود بعض المعـادن على شكل أكـاسـيـد فـوق سطح الأرض أو ضـمن التكوينات السطحية والتي من خلالها يمكن الاستدلال على مكامن وجود تلك المعادن.

٣ – ترك آثار على المظهر الطوبوغرافي للأرض كالشقوق والفوالق والتي من خلالها يمكن ملاحظة وجود تلك الرواسب المعدنية.

٤ – وجود علاقة بين مظاهر السطح وتوزيع الرواسب المعدنية، حيث تم اكتشاف تسعة أنواع من الرواسب المعدنية من خلال ذلك، والتي تعود إلى مصادر مختلفة كالرواسب الغرينية والنهرية والهوائية والساحلية والجليدية والوديان، ومعادن أخرى تعود إلى تكوينات مختلفة [٤] فعلى سبيل المثال خامات الرصاص والزنك في منطقة بروكين هيل باستراليا توجد على شكل حواجزِ صخرية بارزة فوق سطح الأرض كما توجد تجاويف وحفر ومناطق هبوط يمكن مشاهدتها. ومن الأمثلة على ذلك أيضاً خامات الحديد في منطقة البحريات في الولايات المتحدة التي تكون على شكل تلال صخرية حمراء اللون سميت بالجبال الحديدية.

٥ – آثار عمليات التجوية والتعرية التي تستمر لفترة طويلة فتؤدي إلى كشف المعادن القريبة من سطح الأرض، مثل كشف رواسب الحديد في فنزويلا.

٦ – وجود رواسب معدنية ممزوجة برواسب أخرى، مثل الذهب والقصدير والبلاتين يوجد مع رواسب السهول الفيضية[٥].

٧ – يرتبط وجود المعادن بنوع الصخور، فالمعادن الفلزية تعود إلى الصخور النارية والتي تتكون من الصهير البركاني Magma في المراحل الأولى من تبلور تلك الصخور.

وقد يرافق اندفاع كتل الصهير وتداخلها مع صخور القشرة الأرضية تكون غازات وأبخرة تحتوي على عناصر تدخل في تكون بعض المعادن، فعندما تلتقي تلك الأبخرة مع المياه المتسربة من أعلى القشرة الأرضية والتي تحمل هي الأخرى عناصر مختلفة فيحدث تفاعل بين تلك العناصر فينتج عنها تكون بعض المعادن، والتي تستقر في الشقوق

والفواصل التي تتضمنها الطبقات الصخرية على شكل عروق معدنية.

كما تتكون بعض المعادن نتيجة للتبلور المباشر من كتل الصهير البركاني مثل الماجنتايت والألمينايت والكرومايت.

أما المعادن اللافلزية كالجبس والفوسفات والبوتاس فيرتبط بالصخور الرسوبية بالدرجة الأولى، فضلاً عن بعض المعادن الفلزية التي تتضمنها بعض الصخور الرسوبية[٦].

٢ - البحث عن البترول:

اختلف الجيولوجيون في تحديد أصل النفط فالبعض يؤكد أن أصله عضوي والبعض الآخر ينفي ذلك ويرجح أصله إلى تفاعلات كيميائية تحدث في باطن الأرض بين مواد غير عضوية.

إلا أن التأييد للرأي الأول الذي يؤكد أن البترول تكون من مواد عضوية ترسبت في أماكن معينة وقد أسهمت عوامل عدة في تكوينه، وقد هاجر من مكان لآخر تحت تأثير عوامل باطنية مختلفة كالحركات التكتونية والمياه الجوفية.

ومكامن البترول لا توجد في كل مكان بل في مواقع محددة تتوفر فيها خصائص معينة منها:

أ - بيئة جغرافية وجيولوجية تساعد على نمو النبات وعيش الحيوان ومن ثم تعرض تلك البيئة إلى ترسبات كبيرة والتي ينتج عنها ضغط وحرارة كان لهما الأثر الكبير في تكون البترول.

ب - وجود طبقات صخرية مسامية تسمح بتجمع البترول وتحركه وخاصة الصخور الرسوبية بأنواعها.

جـ - توفر مكامن لتجمع البترول بكميات كبيرة، حيث توجد أربعة أنواع من المكامن هي:

١ - مكامن ضمن تكوينات جيولوجية إنكسارية.

٢ - مكامن ضمن تكوينات قبابية محدبة، وتعد أسهل أنواع النفط اكتشافاً.

٣ - مكامن تكوينات طباقية، وهي أكثر الأنواع انتشاراً.

٤ - مكامن القبات الملحية، وهي أقل الأنواع انتشاراً[٧].

وعلى العموم يتجمع البترول في التكوينات ذات التطبيق غير الاعتيادي مثل مناطق الطيات والكسور والقباب والمحدبات، الأشكال رقم (٨٤ - أ - ب - جـ). وفي كثير من الأحيان يكون الغاز في القمة والماء في الأسفل والبترول في الوسط حسب كثافة تلك المواد. وقد يوجد الغاز في كثير من الأحيان متحللاً مع البترول[٨].

شكل رقم (٨٤) أشكال وجود البترول ضمن التكوينات تحت السطحية.

شكل رقم (٨٤ - أ) قبة ملحية

شكل رقم (٨٤ - ب) انكسار الطبقات الصخرية

شكل رقم (٨٤ - جـ) بنية غير متوافقة

ومن الدلائل التي تشير إلى وجود النفط ما يلي:

١ - وجود علاقة وثيقة بين طوبوغرافية الأرض والتركيب الجيولوجي لحقول النفط وخاصة الأشكال المحدبة والمقعرة والقباب الملحية، فعلى سبيل المثال حقول نفط الخليج العربي والفنزويلي توجد ضمن قباب ملحية.

٢ - نمو بعض الأشجار قرب مكامن وجود النفط والتي تتضمن معادن معينة يرتبط وجودها بوجود النفط حيث تؤثر تلك المعادن على لون أوراق تلك الأشجار فيكون مختلف عن اللون الطبيعي للأوراق في مكان آخر بعيداً عن مكامن النفط.

٣ - وجود علاقة بين طبيعة التصريف النهري والتكوينات الحاوية على البترول، حيث تتعرض المجاري المائية إلى الإنحراف والشذوذ عن النمط العام وخاصة في المناطق ذات الانحدار البطيء.

فعلى سبيل المثال النمط السائد هو شجري إلا أنه يتغير إلى نمط غير مألوف شعاعي أو مركزي أو منحرف، كما يتغير شكل الوادي من عميق إلى ضحل أو من ضيق إلى واسع أو من مستقيم إلى مقوس.

وربما يعود هذا الشذوذ إلى وجود انحراف محلي في البنية الجيولوجية نتيجة لحركة تنشيط تكتوني، وقد تضم تلك التكوينات حقولاً نفطية.

وقد أكد فيكري عام ١٩٢٧ أن العلاقة بين مظهر سطح الأرض وتكون النفط واضحة في حقول بترول لوس أنجلس وكاليفورنيا.

كما أشار ليفرسون عام ١٩٣٤ م إلى أن معظم خزانات البترول الكبيرة توجد في مناطق غير متوافقة في امتداد الطبقات الصخرية، والتي تمثل اسطح تكوينات قديمة تغطيها رواسب حديثة.

لذلك يكون للبنية الجيولوجية أثر كبير في وجود النفط، فعلى سبيل المثال بترول تكساس وميشيغان يوجد ضمن تكوينات جيرية ذات سمك كبير ومسامية عالية ساعدت على تحلل المواد العضوية بفعل المياه الجوفية المتجمعة فيها، كما تسمح تلك التكوينات بتجميع كميات كبير من البترول وهذه الخصائص لا تتوفر في الطبقات غير السميكة(١٠).

وقد وجدت مكامن النفط في تكوينات متباينة هي:

أ - تكوينات كارستية مدفونة.

ب - ارسابات نهرية ساحلية.

جـ - اسطح انفصال مدفونة.

د - دالات مروحية قديمة(١١).

٣ - البحث عن المياه الجوفية:

تعد المياه الجوفية ذا أهمية كبيرة في حياة الشعوب التي تعيش في مناطق لا تتوفر فيها أنهار، وهي غير متوفرة في كل مكان بشكل يمكن استغلالها حيث يتحكم بها عدة عناصر هي:

أ - طبيعة التساقط.

ب - طوبوغرافية الأرض.

٣ – التكوينات السطحية وتحت السطحية.

٤ – البنية والتركيب الجيولوجي للصخور وما تتضمنه من تراكيب أولية وثانوية تساعد على تجمع المياه.

ويتحكم في نوعية المياه الجوفية ومدى صلاحيتها للاستعمال البشري مصدر تلك المياه والتكوينات التي توجد فيها، فمن حيث المصدر تعد مياه الأمطار والأنهار والثلوج من المياه العذبة الصالحة للاستعمال أما من حيث التكوينات فتعد الرواسب النهرية ومعظم ترسبات العصر الرباعي من أفضل تلك الرواسب لأنها لا تؤثر على نوعية المياه، وهذا ما يلاحظ في العراق حيث تكون مياه هضبة الجزيرة الواقعة بين نهري دجلة والفرات من أفضل من مياه الهضبة الغربية.

وتعد الرواسب الجليدية ذات خصائص مشابهة للرواسب النهرية لذا تكون المياه الجوفية التي توجد في مثل تلك التكوينات عذبة.

إن ما يهمنا في هذا المجال البحث عن تلك المياه لتعيين أماكن تجمعها، حيث توجد عدة طرائق متباينة الأساليب هي:

١ – الطرائق الجيوفيزيائية بأساليبها المختلفة وخاصة الطريقة الزلزالية.

٢ – التصوير الجوي والذي يتطلب طيراناً على ارتفاع منخفض نسبياً للحصول على قدرة تميزية عالية في المكان المطلوب البحث فيه عن المياه.

ويستخدم لهذا الغرض الماسح الخطي الحراري الذي يعتمد على حرارة المياه الجوفية التي تختلف عن حرارة المياه السطحية.

كما تستخدم الموجات المايكروية وطرق الحث الكهربائي بالموجات الراديوية.

٣ – الدلائل الجيومورفولوجية:

يمكن الاستفادة من عدة دلائل جيومورفولوجية في البحث عن المياه الجوفية وتحديد أماكن تجمعها منها ما يأتي:

أ – وجود رواسب تبخرية سطحية في أماكن محددة ومتميزة عن ما حولها ناتجة عن تبخر مياه جوفية صاعدة إلى سطح الأرض بفعل الخاصية الشعرية في المناطق الجافة.

ب – رطوبة مناطق دون أخرى وبشكل متميز والذي يشير إلى وجود مياه في التكوينات التي تحتها.

جـ – نمو نباتات في مناطق دون أخرى يدل على وجود مياه في تلك المناطق.

د – المظهر التضاريس في المنطقة، جبلية، سهلية، هضبية، وديان، وطبيعة انحدار الأرض والذي من خلاله يمكن تحديد مواقع تجمع المياه في الطبقات تحت السطحية.

هـ – طبيعة التكوينات تحت السطحية، حيث تتحكم نوعية الصخور في تجمع المياه أم لا فإذا كانت صماء لا تسمح بذلك، في حين تكون المسامية مثل الصخور الجيرية من أفضل مكامن المياه الجوفية لمساميتها العالية ولما تتضمنه من شقوق وفجوات ناتجة عن التحلل المستمر والذي تسهم فيه المياه المتجمعة فيها فتعمل على توسيع الفجوات ومن ثم اتصال المتجاورة منها مع بعضها فتكون فجوة كبيرة.

كما يكون للتراكيب الأولية والثانوية التي تتضمنها الطبقات الصخرية دور في ذلك حيث يكون للتراكيب الالتوائية والإنكسارية التي تتكون من رواسب متباينة في نوعها وامتدادها بشكل يسمح للمياه الجوفية بالتجمع فيها.

٤ – البحث عن الصخور:

توجد الصخور في الطبيعة بأنواعها المختلفة الرسوبية والنارية والمتحولة وبأوضاع مختلفة منها موجود ظاهراً على سطح الأرض والبعض الآخر تغطية طبقية من التربة أو المفتتات الصخرية أو الحصى والرمل، وكلما زاد سمك الطبقات التي تغطيها ارتفعت تكاليف استغلالها.

وقد نشأت الصخور في بيئات مختلفة، فالصخور النارية تعود إلى بيئة بركانية والرسوبية إلى بيئة بحرية قديمة.

وتختلف الصخور في خصائصها الفيزيائية والكيميائية عن بعضها كما تتباين في الوضع الذي تتخذه ضمن مكونات القشرة الأرضية حيث تكون الرسوبية طبقية في حين تكون النارية كتلية.

ويمكن تحديد مواقع وجود الصخور في الطبيعة وفق البيئات حيث تقل في السهول الفيضية في حين تتواجد في المناطق الجبلية والهضبة والصحراوية، وقد يكون البحث من

خلال المكاشف المتوفرة التي تظهر التكوين الصخري السائد في ذلك المكان مثل سفوح الوديان الشديدة الانحدار والشواطئ البحرية وضفاف الأنهار والسفوح الجبلية المقطوعة والحافات الصخرية.

٥ - البحث عن الرمال والحصى:

تعد الرمال ذا أهمية كبيرة في النشاط البشري على اختلاف أنواعها إذ تمثل عنصراً أساسياً في المنشآت العمرانية وعدد من الصناعات وتوجد الرمال في الطبيعة بأشكال عدة حسب المصادر التي أدت إلى وجودها وهي:

أ - رمال نهرية:

وهي التي تجلبها الأنهار من أحواضها عند حدوث الفيضانات وتعمل على ترسيبها فوق الضفاف والجزر والضفة الداخلية من المنعطفات ودلتوات الأنهار التي تقع عند مصباتها.

كما توجد تلك الرمال في تكوينات المدرجات النهرية وفي كثير من الأحيان تكون مختلطة مع الحصى بأحجامه المختلفة أو على شكل طبقات متعاقبة، فضلاً عن وجودها في السهول الفيضية مطمورة تحت طبقات من تكوينات طينية، خاصة في المناطق التي تمثل مجاري نهرية سابقة ومن العلامات الدالة عليها البحيرات الهلالية وضفاف المنعطفات الخارجية التي تكون مرتفعة عن المناطق المجاورة لها.

وهذا ما موجود في السهل الفيضي في العراق إذ توجد الرمال بكميات كبيرة عند ضفاف الأنهار وضمن السهل الفيضي. فضلاً عن توفرها في المدرجات النهرية التي تقع عند حافات الهضبة الصحراوية مع كميات كبيرة من الحصى. أما عند مصبات الأنهار فقد يمثل نهر النيل أحد الأنهار التي تتجمع الرواسب الرملية في دلتاه عند شاطئ البحر المتوسط وتتميز باللون الأسود لاحتواءها على معادن ذات قيمة اقتصادية لذا تدخل في صناعات عدة، وقد يختلط بعضها بالترسبات البحرية التي تعمل الأمواج على إعادة قسم منها إلى شاطئ البحر وبكميات كبيرة (١٣).

ويميل لون الرمال النهرية إلى اللون الأزرق الفاتح لاحتوائها على نسبة عالية من السليكات.

ب - رمال بحرية:

وتتمثل بالرمال التي جلبتها الأمواج البحرية والتيارات وحركات المدة والجزر عند شواطئ البحار والمحيطات، وتظهر بشكل واضح في الشواطئ البطيئة الانحدار التي تتعرض إلى حركة الأمواج لمسافة طويلة في اتجاه الساحل المرتفع فتنخفض سرعة الأمواج فتترسب الرمال التي تحملها فوق الجزء المرتفع من الشاطئ والتي تزداد كميتها مع زيادة تعرض الشاطئ إلى الأمواج. وقد تكون مختلطة مع الحصى في بعض الشواطئ.

كما تتوفر الرمال والحصى عند المدرجات البحرية (المصاطب) التي تمثل مستويات سابقة للبحار والمحيطات في العصور القديمة المطيرة والجليدية والتي أحدثت تغيرات كبيرة في البنية والتركيب الجيولوجي للأرض حيث أدت الأمطار الغزيرة والثلوج إلى تخفيض مناطق مرتفعة ورفع مستوى مناطق منخفضة فنتج عن ذلك نقل الترسبات من مكان لآخر ومنها الحصى والرمل. لذا يطلق عليها ترسبات العصر الرباعي. ويميل لون الرمال البحرية عموماً إلى اللون المائل إلى البياض أو الأصفرار حسب مصدرها الأصلي الذي اشتقت منه تلك الترسبات.

جـ - رمال صحراوية:

يعود وجود تلك الرمال إلى الترسبات الهوائية التي جلبتها من أرجاء الصحراء الواسعة ورسبتها في المناطق المنخفضة في الصحراء أو جلبتها السيول الناتجة عن زخات المطر الشديدة وجمعتها في الأودية الصحراوية، وهي ذات لون متميز عن غيرها إذ تكون حمراء أو مائلة إلى الصفار، وفي الغالب تكون ظاهرة على سطح الأرض أو تغطيهاطبقة رقيقة من التربة.

ومن أنواع الرمال الموجودة في الصحراء رمل الزجاج الذي يستخدم في صناعة الزجاج وهو أبيض ناصع البياض وناعم الملمس، وهذا متوفر في الصحراء الغربية غرب العراق وبكميات ساعدت على إنشاء معمل لصناعة الزجاج.

ثانياً: دور الجيومورفولوجيا في المجال العسكري:

إن الاهتمام بطبيعة الأرض للأغراض العسكرية كان منذ فترة طويلة حيث أهتم

الرومان بدراسة الأرض منذ القرن الثالث الميلادي للأغراض العسكرية ولتأمين ما تحتاجه جيوشهم من مستلزمات حسب الأرض التي يخططون لاحتلالها، ولذلك تميزوا عن غيرهم في دراسة الأرض لكثرة المسوحات التي يجرونها في مناطق واسعة والتي فرضوا سيطرتهم عليها في أوروبا وأفريقيا وآسيا.

حيث كانوا يقومون بمسوحات للأراضي التي سيمر بها الجيش لمعرفة الوضع الطوبوغرافي لتلك الأرض والقيام بوضع وتحديد أدلة أرضية يسترشد بها الجيش لكي لا يظل طريقه، ويتم إعداد خرائط طوبوغرافية تتضمن المسالك والطرق والظواهر الطبيعية والبشرية من مدن وأنهار وجبال وقرى، والمسافات الفاصلة بينها لتستفيد منها في التحركات العسكرية، وكان يرافق كل فرقة عسكرية رومانية عدد من الطوبوغرافيين الذين يقومون بجمع المعلومات عن طبيعة الأرض وما تتضمنه من ظواهر وتثبيتها على خرائط ترسم على ورق أو قماش أو بالنقش على المعادن والصخور، والتي تم العثور على البعض منها تعود إلى القرن الثالث الميلادي.

وكذلك الحال في بداية ظهور الإسلام فقد كان الرسول الأعظم محمد صلى الله عليه وسلم عندما يريد نشر الدعوة الإسلامية في منطقة ما من الجزيرة العربية يرسل شخصين يقومان بجمع المعلومات عن الوضع التضاريسي لتلك المنطقة والطرق والمسالك المؤدية إليها والمواقع الدفاعية الجيدة ومصادر المياه وغير ذلك من المعلومات التي يستفاد منها جيش المسلمين في فتح تلك المنطقة. ولذلك استخدام المسلمون ستراتيجيات متنوعة في القتال بما يتناسب وطبيعة الأرض التي دارت عليها المعارك مثل حفر الخنادق وعمل السواتر الترابية في الأرض المنبسطة أو المفتوحة والسيطرة على مصادر المياه والتحصن عند سفوح الجبال.

وقد استخدم نظام الخنادق والسواتر الترابية في عدة مناطق مثل خط ماجنتو الفرنسي وخط بارليف الذي بناه اليهود على قناة السويس بعد سيطرتهم على سيناء عام ١٩٦٧ والذي استطاعت القوات العربية من اجتيازه عام ١٩٧٣(١٤).

كما استخدمت القلاع الحصينة المحاطة بالأسوار التي تتضمن مراصد لمراقبة ومواجهة الأعداء، إذ تمثل تلك القلاع تلال مرتفعة ذات جوانب شديدة الإنحدار وقد تقع

على حافة وادي منيع أو ضفة نهر يصعب اجتيازها. ويكون السور محصناً ومزود بأبواب محكمة.

وبمرور الزمن ومع التطور التكنولوجي وما صاحبه من تنوع في الأسلحة وصنوف الجيش أصبحت الحاجة إلى المعلومات الجيومورفولوجية أكثر مما كانت عليه سابقاً، حيث تفرض طبيعة سطح الأرض وما تتضمنه من تضاريس نوع القوات العسكرية التي تستخدم في المعركة والمستلزمات التي تتطلبها التحركات العسكرية وعملياتها.

وهذا يعني أن عمليات تحليل الأرض للأغراض العسكرية تهدف إلى التنبؤ بقدرة الآليات على الحركة عبر تلك الأراضي وتأثير ذلك على العمليات العسكرية وخاصة حركة القوات البرية والمركبات المجنزرة والمدولبة، وتحديد العوائق الطبوغرافية التي تعترض تحركها كالانحدارات الشديدة ووعورة السطح وعدم انتظامه وطبيعة التكوينات السطحية كالكثبان الرملية والتربة الهشة والجلاميد والكتل الصخرية واحجامها وانتشارها وطبيعة المسطحات المائية والأنهار والأودية وأعماقها، وطبيعة العوائق البشرية من أبنية وخنادق وربما تكون بعض تلك المعوقات يصعب اجتيازها لذا يجب اختيار مسار بديل قد يكون أطول مسافة وهذا يؤخر وصول القوات إلى الهدف المرسوم لها، أو يكون الطريق الجديد مكشوفاً للعدو فيعرض القوات إلى خسائر. وقد يحتاج كل نوع من المعوقات آليات مناسبة ففي المناطق الرملية والتربة الهشة والجلاميد والكتل الصخرية تستخدم آليات مجنزرة، وفي المستنقعات تستخدم البرمائيات وعند الأنهار تستخدم جسور متحركة وعند الوديان الجافة تستخدم جرافات لتشويه وتعديل السفوح الشديدة الانحدار.

كما تحدد مظاهر السطح نوع صنف الجيش والسلاح الذي يستخدم في المعركة، ففي المناطق الجبلية الوعرة لا يمكن استخدام المدرعات والدبابات لأنها لا تستطيع التحرك بمرونة في تلك المنطقة، لذا يتم الاعتماد على المشاة والمظليين والطيران وإسناد مدفعي محدود، ولذلك لا تحسم المعارك في المناطق الجبلية بسهولة وتتطلب وقتاً اطول مما في المناطق الأخرى الأقل تفرساً والتي تستخدم فيها كل الصنوف وأنواع الأسلحة فيكون التفوق للقوات الأفضل أسلوباً في خطط الهجوم والدفاع.

ومن الجدير بالذكر أن أهمية الأرض في العمليات العسكرية لا يقتصر على المظهر

العام لسطح الأرض وتكويناته السطحية بل يجب التعرف على التكوينات تحت السطحية لمعرفة مدى ملائمتها لعمل المخابئ السرية لإخفاء المقاتلين والآليات، فإذا كانت ذات تكوينات صخرية صلبة أو رملية ذات طبقات سميكة فمن الصعب عمل خنادق ومخابئ في مثل تلك التكوينات، إذ يصعب حفر الصخرية ويسهل حفر الثانية إلا أنها سريعة الانهيار وعدم إمكانية تعميقها لعدم تماسكها.

وكذلك الحال إذا كانت الأرض تحت السطحية ذات رطوبة عالية لارتفاع مناسيب المياه الجوفية والذي يعمل على غمر المخابئ التي يتم حفرها. وعليه فإن مثل تلك المناطق ستجعل القوات العسكرية أكثر عرضة لتأثير نيران العدو فتزداد الخسائر المادية والبشرية.

وهناك الكثير من الشواهد العسكرية التي توضح أهمية طوبوغرافية الأرض في العمليات العسكرية، منها حوض باريس شمال فرنسا وهو عبارة عن أرض منخفضة وتتكون من أحواض صغيرة متوازية والتي كانت ذات أهمية كبيرة في الحرب بين فرنسا وألمانيا حيث ساعد ارتفاع مناسيب المياه الجوفية إلى عدم إمكانية القوات الألمانية الغازية من الاختفاء فمنيت بخسائر كبيرة.

كما كان لسهل الفلاندوز الذي يمتد إلى الشمال من حوض باريس والذي يضيق بالاتجاه نحو الشرق فيكون عبارة عن بوابة يسهل التحكم بها غرب بلجيكا ولذلك خسر نابليون أمام الألمان الذين سيطروا على هذا الممر. وقد ضمن هذا الممر الستراتيجي لبلجيكا استقلالها منذ فترة طويلة لعدم رغبة كل من ألمانيا وفرنسا في السماح لدولة أخرى باحتلال بلجيكا.

ومن الشواهد الأخرى خسارة نابليون في روسيا والجيش الألماني في ليبيا لعدم توفر معلومات عن طبيعة الأرض التي غزوها، رغم تفوقهم في الآلة العسكرية إلا أن خبرة سكان تلك المناطق بأرضهم مكنهم من طرد الأعداء.

وتعد الحرب العراقية الإيرانية من الحروب الفريدة لأنها شملت جبهة طولها اكثر من ١٠٠٠ كم وعلى أرض متنوعة التضاريس من جبلية إلى متموجة ومنبسطة ومستنقعات وأنهار ووديان ورملية والتي استمرت ثماني سنوات واستخدمت فيها كل أنواع السلاح

وصنوف الجيش وفنون القتال والتي تتلائم مع طبيعة كل منطقة وفي الولايات المتحدة أجريت دراسات وتجارب حربية فوق أراضيها للتعرف على العلاقة بين العمليات العسكرية وطبيعة الأرض والجوانب الواجب مراعاتها عند تحليل الأرض للأغراض العسكرية ومنها ما يأتي:

١ – إمكانية اجتياز الأراضي وعبورها.

٢ – مدى سرعة سير المقاتل فوق الأرض حسب طبيعة التكوينات السطحية إذا كانت رملية أو حصوية أو طينية أو صخرية.

٣ – قدرة تحمل المقاتل مشاق السير والانتقال فوق الأراضي الصحراوية وفي ظل ظروف مناخية قارية ليلاً ونهاراً.

٤ – سرعة الدبابات والسيارات ومركبات الحمل فوق الأراضي الصحراوية المختلفة الرملية والحصوية والصخرية والسبخات.

٥ – أصلح الأراضي الصحراوية لإقامة الطرق البرية فوقها وخصائص كل طريق حسب التكوينات السطحية وطبيعة الانحدار.

٦ – أفضل المناطق لإقامة المطارات المؤقتة.

٧ – أنسب الأراضي لهبوط رجال المظلات.

٨ – تحديد المناطق الصالحة لإقامة المخابئ السرية وممرات تحت سطح الأرض.

٩ – مناطق وجود المياه الجوفية الصالحة للشرب وأفضل المناطق الصالحة لحفر الآبار فيها.

١٠– مدى ملائمة المنطقة الصحراوية والجبلية لحرب العصابات(١٥).

أهمية الاستشعار عن بعد في المجال العسكري:

يعد الاستشعار عن بعد ذا أهمية كبيرة في القضايا العسكرية المختلفة، فمن خلال الصور الجوية والفضائية يمكن عمل خرائط طوبوغرافية تتضمن مظاهر السطح في المكان الذي تم تصويره وكل ما موجود على سطح الأرض من ظواهر طبيعية وبشرية والتي يمثل البعض منها عائقاً أمام تقدم الجيش، كما تكون تلك المعلومات أكثر دقة وشمولية من المعلومات التي توفرها الجهات الاستخبارية عن طريق تسللها ضمن صفوف العدو أو

بعدها كما يستفاد من معلومات الاستشعار عن بعد في اكتشاف مواقع العدو وآلياته ومواقع المدفعية والقاذفات. كما حدث في الحرب العالمية الثانية عندما استطاعت بريطانيا وأمريكا من تحديد مواقع القاذفات الألمانية وتدميرها عن طريق التصوير الجوي وبالتالي الحد من الهجمات الألمانية على بريطانيا والحلفاء. وقد استخدم الاستشعار عن بعد في مراقبة تحركات العدو وتغيير مواقع قواته وهذا لا تستطيع أجهزة المراقبة الأرضية من توفيره، وكذلك تحديد مواقع الضعف والقوة في جبهة القوات المعادية.

وقد كان للطائرات الحديثة وخاصة المصممة للأغراض الاستطلاعية وتسير بدون طيار دور فاعل في هذا المجال.

ومما زاد في دور الاستشعار عن بعد وطائرات الاستطلاع هو دخول الأجهزة الإلكترونية مجال العمليات العسكرية على نطاق واسع والتي من خلالها يمكن التحكم بتوجيه الصواريخ نحو الهدف المطلوب عن طريق الطائرات والأقمار الصناعية وهذا يقلل الأضرار التي تنتج عن القصف العشوائي ويزيد من الدقة في إصابة الهدف.

أهمية الخريطة الطوبوغرافية في المجال العسكري:

إن طبيعة سطح الأرض في أي مكان يمكن أن يترجم إلى خرائط طوبوغرافية توضح طبيعة التضاريس الأرضية في ذلك المكان من جبال وهضاب ووديان وسهول، كما يمكن أن تتضمن الظواهر البشرية القائمة في تلك المنطقة من مدن وقرى وطرق، والتي يمكن الاستفادة منها في التقييم العسكري لسطح الأرض والذي يكون وفق بعدين هما:

١ - البعد الاستراتيجي، ويعني الاهتمام بجميع الظواهر الجغرافية الطبيعية والبشرية في المنطقة التي ستمر بها القوات العسكرية والتوزيع المكاني لتلك الظواهر والتي على ضوئها تحديد المسارات التي ستسلكها تلك القوات.

٢ - البعد التكتيكي: ويعني الاهتمام بالتفاصيل الدقيقة لسطح الأرض أي طبيعة وجود تلك الظواهر وخصائصها العامة والتي يترتب عليها بعض المشاكل منها ما يأتي:

أ - مدى الرؤية والحركة عبر تلك الظواهر.

ب - مدى الاستفادة من تلك الظواهر في عمليات الدفاع والهجوم وهذا يعتمد على عدة عناصر تحتاج إلى معلومات دقيقة عن تلك الظواهر.

جـ - مصادر المياه المتوفرة والموارد الطبيعية الأخرى التي يمكن الاستفادة منها.

وعليه تزود القوات العسكرية بخرائط طوبوغرافية ذات تفاصيل متنوعة ويتم تدريب القادة على قراءة الخريطة والرموز التي تستخدم في التعبير عن محتوياتها، ويجب أن يكون دقيقاً في ترجمة تلك المعلومات إلى إحداثيات عسكرية وأي خطأ يرتكبه تترتب عليه خسائر مادية وبشرية، فمن خلال تلك الخرائط يتم استنباط المسافة والزمن والمعوقات ومواقع الضعف والقوة وما يتطلبه ذلك من مستلزمات وكل ذلك يعتمد على قدرة مفسر الخريطة.

ونظراً لأهمية الخريطة في المجال العسكري لذا قام سلاح الهندسة الأمريكية بتطوير نظام كمي (بارامتري) لتحليل الأراضي للأغراض العسكرية يسمى (التقييم العسكري للمناطق الجغرافية) بالاعتماد على التصوير الجوي والخرائط الطوبوغرافية والمسح الميداني، حيث تم تحديد عدد من العناصر الأرضية التي تؤثر على العمليات العسكرية ومن ثم إعطائها قيماً رقمية وتصنيفها وفق متغيرات فيزيوغرافية مثل طبيعة التضاريس من جبال وهضاب وسهول ووديان، ومتغيرات مورفولوجية، أي الشكل الخارجي لسطح الأرض من حيث طبيعة الانحدار والتكوينيات السطحية وتحت السطحية من تربة وصخور والنظام الهيدرولوجي السائد(١٦).

فقد ساعد ذلك كثيراً في اختصار المعلومات النوعية التي يجب أن تتضمنها الخرائط الطوبوغرافية وتحويلها إلى قيم رقمية يسهل تمثيلها على الخريطة وترجمتها بشكل يكون أكثر دقة من الاعتماد على استنباط المعلومات من الخريطة، كما أنها تجنب القارئ الوقوع في بعض الأخطاء التي يرتكبها عند ترجمته لمحتويات الخريطة.

مراجع الفصل الثامن

١ - د. فؤاد الصقار؛ التخطيط الإقليمي، منشأة المعارف الإسكندرية، ١٩٧٩، ص ٧٦ .

٢ - د. أنور عبد الغني العناد، ود. محمد عبد الحميد الحمادي؛ الجغرافية الاقتصادية، موارد الطاقة والموارد المعدنية، ج١، دار الحرية للنشر، الرياض بدون تاريخ نشر، ص ١٨ .

٣ - المصدر السابق، ص ٢٠.

٤ - د. عدنان النقاش وزميله؛ الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص ٤٧٢ .

٥ - د. حسن سيد أحمد أبو العنين؛ أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص ٧٢٧ .

٦ - د. محمد صفي الدين؛ جيومورفولوجية قشرة الأرض، مصدر سابق، ص ٨٨ .

٧ - د. محمد أزهر سعيد السماك؛ دراسات في الموارد الاقتصادية، جامعة الموصل، العراق، ١٩٧٨، ص ١٢٠ .

٨ - د. أنور عبد الغني وزميله؛ الجغرافية الاقتصادية، مصدر سابق، ص ١٢٢ .

٩ - د. عدنان النقاش وزميله؛ الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص ٤٧٥ .

١٠- د. حسن سيد أحمد أبو العنين، اصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص ٧٢٥ .

١١- د. عدنان النقاش وزميله؛ الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص ٤٧٦ .

١٢- د. فاضل السعدوني وآخرون؛ الاستشعار عن بعد في الهندسة المدنية، مصدر سابق، ص ٤٦٣ .

١٣- د. حسن سيد أحمد؛ أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص ٧٣١ .

١٤- د. عدنان النقاش وزميله؛ الجيومورفولوجي، مصدر سابق، ص ٤٨٧ .

١٥- د. حسن سيد احمد؛ أصول الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص ٧٣٥ .

١٦- د. محمد صبري محسوب وزميله؛ الخريطة الكنتورية، مصدر سابق، ص ٣١٣ - ٣١٤ .

الجيومورفولوجيا التطبيقيّة

علم شكل الأرض التطبيقي



المملكة الأردنية الهاشمية - عمان / وسط البلد
خلف مطعم القدس / ص.ب ٧٧٧٢ - هاتف ٤٦٣٨٦٨٨
فاكس ٤٦٥٧٤٤٥ ◆ منشوراتنا في العام ٢٠٠١م
◆ الغلاف : زهير أبو شايب .